

Alfred Wegener und
das Astronomische Rechen-Institut

Mit einer Anwendung seiner
umgerechneten Alfonsinischen Tafeln
auf den „Astronomischen Kalender“ für 1448

Roland Wielen

und

Ute Wielen

Astronomisches Rechen-Institut
Zentrum für Astronomie
Universität Heidelberg

Heidelberg

2017

Englische Übersetzung des Titels:

**Alfred Wegener and the Astronomisches Rechen-Institut.
With an application of his converted Alfonsine Tables
to the 'Astronomischer Kalender' for 1448.**

Diese Arbeit wird elektronisch publiziert werden auf der Open
Access-Plattform
HeiDOK der Universität Heidelberg,
die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird:

HeiDOK - Der Heidelberger Dokumentenserver

Der Internet-Zugang zu HeiDOK erfolgt über den Link:

<http://archiv.ub.uni-heidelberg.de>

Auf den Seiten von HeiDOK kann nach der vorliegenden Arbeit gesucht werden. Am schnellsten geht dies über die Suche nach „Wielen“ als Person bzw. als Autor.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	11
Abstract	11
1 Einleitung	12
2 Zur Biographie von Alfred Wegener	13
2.1 Literaturhinweise auf Biographien von Alfred Wegener	13
2.2 Eine Kurzfassung des Lebenslaufs von Alfred Wegener	14
2.3 Wegeners wissenschaftliche Großtat: Die Theorie der Kontinentalverschiebung	17
2.4 Alfred Wegeners astronomische Interessen	19
2.4.1 Beginn von Wegeners Interesse an der Astronomie	19
2.4.2 Wegener als Astronom der Urania-Sternwarte	23
2.4.3 Wegener als Mitglied der Berliner Akademisch-Astronomischen Vereinigung	27
2.4.4 Wegeners Beschäftigung mit der Astronomie nach seiner Promotion	27
2.5 Ehrungen Wegeners im Bereich der Astronomie	30
3 Wegeners Studienjahre	32
3.1 Verlauf des Studiums	32
3.2 Besuchte Vorlesungen und Seminare	34
3.3 Wegeners Hochschullehrer	37

3.4	Erste astronomische Veröffentlichungen als Student	38
4	Wegeners Plan einer Doktorarbeit aus zwei Teilen	42
5	Zum Betreuer und zur Auswahl des Themas von Wegeners Dissertation	44
5.1	Betreuer von Wegeners Dissertation	45
5.1.1	Julius Bauschinger	47
5.1.2	Wilhelm Foerster	50
5.1.3	Das Astronomische Rechen-Institut	52
5.2	Zur Auswahl des Themas von Wegeners Dissertation	61
5.2.1	Astronomie-historische Dissertationen	61
5.2.2	Die Datierung des neu entdeckten „Astronomischen Ka- lenders“ auf das Jahr 1448	63
5.2.3	Die Beschaffung eines Buches zu den Alfonsinischen Tafeln	66
5.2.4	Andere diskutierte Motive für das Thema von Wegeners Dissertation	69
6	Wozu dienten die Alfonsinischen Tafeln ?	72
7	Wegeners Arbeit an seiner Dissertation	74
7.1	Zielsetzung von Wegeners Dissertation	74
7.2	Die Zielgruppe: „Der moderne Rechner“	75
7.3	Inhalt von Wegeners Dissertation	76
7.4	Umrechnung der Zahlen-Tafeln	89
7.4.1	Wegeners vermutliches Vorgehen beim Umrechnen	90

7.4.2	Einsatz einer Rechenmaschine beim Umrechnen?	97
7.5	Zeitlicher Ablauf der Erarbeitung der Dissertation	103
8	Begutachtung von Wegeners Dissertation und sein Rigorosum	108
8.1	Anmeldung zur Promotion	108
8.1.1	Antrag von Wegener zur Promotion	108
8.1.2	Meldebogen der Fakultät zur Promotion Wegeners	109
8.2	Gutachten über die Dissertation	109
8.2.1	Das Gutachten von Bauschinger	109
8.2.2	Die Beurteilung durch Foerster	111
8.2.3	Die Zustimmung der anderen Professoren	112
8.3	Verlauf der mündlichen Doktorprüfung (Rigorosum)	113
8.4	Abschluß der Promotion	115
8.5	Nachwirkung von Wegeners Dissertation	117
8.5.1	Verbreitung von Wegeners Dissertation	117
8.5.2	Nutzung von Wegeners Dissertation durch andere Autoren	120
9	Schwachstellen und Wünschenswertes in Bezug auf Wegeners Dissertation	123
9.1	Flüchtigkeitsfehler in zwei Beispielen	123
9.2	Fehlender Vergleich der umgerechneten mit den originalen Tafeln	125
9.2.1	Fehlender Vergleich mit den beiden Beispielen in den originalen Tafeln	125

9.2.2	Fehlender Vergleich der restlichen Beispiele Wegeners mit den originalen Tafeln	126
9.3	Warum keine Anwendung der umgerechneten Alfonsinischen Tafeln auf den „Astronomischen Kalender“ für 1448?	126
10	Wegeners Artikel über die astronomischen Werke Alfons X.	129
10.1	Zur Entstehung des Artikels	129
10.2	Inhalt des Artikels	130
10.3	Besprechungen und Zitierungen des Artikels	135
11	Preis Ausschreiben der Fakultät für 1905 und sein Gewinner Carl Schumacher	138
12	Spätere Kontakte Wegeners zu Bauschinger und Foerster	142
12.1	Kontakt von Wegener zu Bauschinger	142
12.2	Kontakte zwischen Wegener und Foerster	143
13	Wegener und August Kopff	146
13.1	Text des Nachrufs von Kopff auf Alfred Wegener	150
14	Vergleich der beiden Rechenbeispiele in den Alfonsinischen Tafeln (AT-1553) mit den entsprechenden bei Wegener	152
14.1	Ekliptische Länge der Sonne	152
14.2	Ekliptische Länge des Mondes	156

15 Vergleich der Rechenbeispiele für ekliptische Längen und Breiten bei Wegener mit von uns aus den AT-1553 berechneten Werten	163
16 Vergleich der Rechenbeispiele für ekliptische Längen und Breiten bei Wegener mit heutigen Ephemeriden-Daten	166
17 Der „Astronomische Kalender“ für 1448	169
17.1 Beschreibung des „Astronomischen Kalenders“ für 1448	169
17.1.1 Die Wiesbadener Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448	169
17.1.2 Die Krakauer Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448	172
17.1.3 Kombiniertes Text des „Astronomischen Kalenders“ für 1448	175
17.2 Datierung des „Astronomischen Kalenders“ für 1448	180
17.3 Vergleich von Ephemeriden-Daten für 1448	181
17.3.1 Frühere Vergleiche von Ephemeriden-Daten für 1448 . . .	181
17.3.2 Zu den im Vergleich benutzten Zeitangaben	182
17.3.3 Vergleich der Zeitangaben für Neu- und Vollmond im Jahr 1448	185
17.3.4 Vergleich der ekliptischen Längen der Himmelskörper im Jahr 1448	194
17.3.4 (1) Vergleich der ekliptischen Längen l der Sonne . . .	195
17.3.4 (2) Vergleich der ekliptischen Längen l des Mondes . .	198
17.3.4 (3) Vergleich der ekliptischen Längen l des Merkur . .	205

17.3.4 (4)	Vergleich der ekliptischen Längen l der Venus . . .	209
17.3.4 (5)	Vergleich der ekliptischen Längen l des Mars . . .	212
17.3.4 (6)	Vergleich der ekliptischen Längen l des Jupiter . .	215
17.3.4 (7)	Vergleich der ekliptischen Längen l des Saturn . .	217
17.3.4 (8)	Systematische Fehler in den ekliptischen Längen l des AK	219
17.3.4 (9)	Vergleich der Resultate von Bauschinger für 1448 mit modernen Ephemeriden	225
17.4	Schlußfolgerungen über die Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448	226
17.4.1	Frühere Vermutungen über die Quelle der Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448	226
17.4.2	Hinweise auf die Quelle der Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448 aus unseren Vergleichsresultaten	228
17.5	Zum Zweck und zum Druckjahr des „Astronomischen Kalenders“ für 1448	231
17.6	Der „Astronomische Kalender“ für 1448 und das Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus	234
17.6.1	Beschreibung des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus	234
17.6.2	Angaben zum Mondknoten im Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus	236
17.6.3	Vorbereitungen zum Vergleich des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus mit anderen Ephemeriden	237
17.6.4	Vergleich der ekliptischen Längen im Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus mit anderen Ephemeriden	238
17.6.5	Vergleich der Syzygien im Anhang des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus mit anderen Ephemeriden .	247

17.6.6	Die Quelle der Ephemeriden im Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus	252
17.6.7	Zum möglichen Zusammenhang des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus mit dem „Astronomischen Kalender“ für 1448	252
18	Weitere Vergleiche von Ephemeriden aus den Alfonsinischen Tafeln mit modernen Werten und Zusammenfassung	254
18.1	Vergleich durch Neugebauer für 1310 bis 1331	254
18.2	Vergleiche durch Gingerich	257
18.3	Zusammenfassung der Vergleiche	258
19	Edierte Texte	260
19.1	Wegeners Anmeldung zur Promotion vom 9. Juli 1904	260
19.2	Lebenslauf von Wegener vom Juli 1904	262
19.3	Eidesstattliche Versicherung von Wegener vom 9. Juli 1904	264
19.4	Formblatt der Fakultät vom 9. Juli und 12. November 1904: „Meldung zur Promotionsprüfung“	265
19.5	Gutachten von Bauschinger und Foerster vom 27. Oktober und 9. November 1904 über Wegeners Dissertation	268
19.6	Fakultäts-Umlauf zu Wegeners Promotion	270
19.7	Fakultäts-Protokoll zu Wegeners mündlicher Doktorprüfung am 24. November 1904	274
19.8	Auszug aus dem Brief des ARI-Direktors Cohn an das Preußische Kultusministerium vom 10. Juli 1911	276

20 Literaturverzeichnis	278
21 Danksagungen	294
22 Über die Autoren	295

Zusammenfassung

Alfred Wegener (1880-1930) ist heute weltweit überwiegend für seine Theorie der Kontinentaldrift bekannt, aber auch als Polarforscher. Er hat aber zunächst Astronomie studiert und 1905 in diesem Fach promoviert. Sein Doktorvater war Julius Bauschinger, damals Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts in Berlin. Das Astronomische Rechen-Institut, das sich seit 1945 in Heidelberg befindet, betrachtet daher Wegener als seinen berühmtesten Doktoranden. Wegeners Dissertation trägt den Titel „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“. Wir beschreiben hier ausführlich sein Promotionsverfahren anhand von überlieferten Dokumenten und diskutieren die Erstellung und die Resultate seiner Doktorarbeit. Der Anlaß für Wegeners Doktorarbeit war mit höchster Wahrscheinlichkeit die Entdeckung eines alten „Astronomischen Kalenders“ (AK) durch Zedler im Jahre 1901 und die Datierung dieses Kalenders durch Bauschinger in das Jahr 1448. Wir vergleichen daher die Angaben im AK mit Werten, die sich aus den von Wegener umgerechneten Alfonsinischen Tafeln (AT) und aus modernen Ephemeriden ergeben. Es zeigt sich, daß die Daten im AK weitgehend mit den Werten nach den AT übereinstimmen, wenn man bei den ekliptischen Längen der Planeten eine geringfügige konstante Verschiebung der Werte im AK berücksichtigt, die vermutlich auf eine andere Festlegung des Frühlingspunktes zurückgeht. Wir vergleichen ferner die Werte aus dem AK und nach den AT mit dem Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus, das auch auf den AT beruht.

Abstract

Alfred Wegener (1880-1930) is worldwide mainly known for his theory of continental drift, but also as a polar researcher. However, he studied first astronomy and received his PhD in this field in 1905. His main supervisor was Julius Bauschinger, at that time director of the Astronomisches Rechen-Institut in Berlin. The Astronomisches Rechen-Institut, which is located since 1945 in Heidelberg, considers Wegener therefore as his most prominent PhD student. The (translated) title of Wegener's dissertation is 'The Alfonsine Tables for the use by a modern computer'. We describe here in detail how Wegener received his PhD degree, based on the available documents, and the preparation and the results of his dissertation. The basic origin of Wegeners PhD topic was very probably the discovery of an old 'Astronomical Calendar' (AK) in 1901 by Zedler and the dating of this AK into the year 1448 by Bauschinger. Hence we compare the data given in the AK with data derived from Wegener's converted Alfonsine Tables (AT) and with modern ephemerides. We find that the data in the AK agree largely with those derived from the AT, if a slight constant shift in the ecliptical longitudes of the planets in the AK is taken into account. This shift is probably due to different definitions of the vernal equinox. Furthermore, we compare the data in the AK and from the AT with the yearbook for 1448 of Regiomontanus, which is also based on the AT.

1 Einleitung

Alfred Wegener (1880-1930) ist heute weltbekannt¹ als Begründer der Theorie der Kontinentaldrift. Aus seiner Erkenntnis hat sich die moderne Theorie der Plattentektonik der Erde entwickelt².

Wegener war ein vielseitiger Wissenschaftler: Meteorologe, Geophysiker, Polarforscher³. Vielen ist aber nicht bekannt, daß Wegener ursprünglich Astronom war.

Wegener hat 1904/05 im Fach Astronomie an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin promoviert. Sein Doktorvater war Julius Bauschinger, Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts, das sich damals in Berlin befand und 1945 nach Heidelberg verlegt wurde. Wegener ist der heute berühmteste Doktorand des Astronomischen Rechen-Instituts. Allerdings muß man als Astronom akzeptieren, daß Wegeners Weltruhm nicht auf seinen astronomischen Forschungsleistungen beruht.

Unsere Arbeit versucht vor allem die folgenden Fragen zu klären: Warum wurde das außergewöhnliche Thema von Wegeners Dissertation, „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“, ausgewählt? Wie ist Wegener bei der Umrechnung der sexagesimalen Tabellen der Alfonsinischen Tafeln in eine dezimale Form vermutlich vorgegangen?

Als eine Anwendung von Wegeners umgerechneten Alfonsinischen Tafeln berechnen wir die daraus resultierenden Positionen von Sonne, Mond und Planeten für einige Zeitpunkte im Jahr 1448. Wir vergleichen sie mit entsprechenden Angaben, die in den Fragmenten eines im Jahr 1901 von Zedler entdeckten und von Bauschinger in das Jahr 1448 datierten „Astronomischen Kalenders“ enthalten sind, und mit modernen Ephemeriden für 1448. Ferner untersuchen wir das Astronomische Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus, das auf den Alfonsinischen Tafeln beruht.

¹Der „Ruhm“ oder langfristige Einfluß eines Forschers ist zwar objektiv nicht meßbar. Es gibt aber Anhaltspunkte. Zum Beispiel hat der Amerikaner John Simmons in seinem Buch (1996) eine Rangfolge der (nach seiner Ansicht) hundert einflußreichsten Wissenschaftler aller Zeiten aufgestellt. Er hat dazu auch Meinungen von anderen Mitgliedern der New York Academy of Sciences und von Wissenschafts-Historikern eingeholt. Isaac Newton steht an der ersten Stelle der Liste, vor Albert Einstein. Wegener steht in dieser Rangliste auf Platz 53 (wegen 'Continental Drift'), noch vor so berühmten deutschen Physikern wie Max von Laue (Platz 56), Gustav Kirchhoff (Platz 57) oder Hermann von Helmholtz (Platz 63). Bei aller Unsicherheit einer solchen Reihung ist es aus unserer Sicht bemerkenswert, daß Wegeners herausragende Leistung offensichtlich auch im Ausland voll anerkannt wird.

²Die Grundzüge der Theorie der Kontinentaldrift auf der Basis der Plattentektonik werden heute bereits den Schülern der Mittelstufe beigebracht. Auch Fernseh zuschauer werden bei Meldungen über Erdbeben-Katastrophen oft unterrichtet, welche Platten dort aneinandergrenzen und durch ihre Bewegungen Erdbeben verursachen können.

³Lange Zeit wurde Wegener in der Öffentlichkeit hauptsächlich als Polarforscher wahrgenommen. Dazu trug auch sein Tod 1930 auf einer Grönland-Expedition bei. Das zentrale deutsche Institut für Polarforschung trägt heute seinen Namen: „Alfred-Wegener-Institut. Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung“.

2 Zur Biographie von Alfred Wegener



Fig. 1. Alfred Wegener (Aufnahme um 1925)

2.1 Literaturhinweise auf Biographien von Alfred Wegener

Für eine so berühmte Person wie Alfred Wegener gibt es selbstverständlich zahlreiche Biographien, als Monographien und als biographische Artikel. Wir geben hier nur eine Auswahl dieser Publikationen, wobei wir insbesondere die nennen, aus denen wir Informationen zum Thema unserer Arbeit entnehmen konnten.

Die jüngste, umfangreichste und auch wissenschafts-historisch ambitionier-teste Biographie stammt von dem Amerikaner Mott T. Greene (2015). Aus Platzgründen ist allerdings das 54 Seiten umfassende Literaturverzeichnis nicht im Buch abgedruckt, sondern nur über einen Internet-Link erreichbar: <https://pwb02mw.press.jhu.edu/content/alfred-wegener> (Wenn man dort 'Updated Bibliography' anklickt, erhält man ein PDF-File mit der Bibliographie).

Zahlreiche biographische Bücher und Artikel über Wegener stammen von Ulrich Wutzke (1988a, 1988b, 1997, 2000, 2014, 2015). Wutzke hat dafür eine große Zahl von Archivalien, die Wegener betreffen, verwenden können. Wutzke

hat 1998 ein wertvolles Verzeichnis solcher Archivalien veröffentlicht.

Die Biographie Alfred Wegeners aus der Feder seiner Ehefrau Else Wegener (1960) enthält viele persönliche Erinnerungen. Sie konnte sich auch auf Tagebücher und Briefe Wegeners stützen.

Eine sehr gute Zusammenfassung der Bedeutung der Arbeiten Wegeners aus geowissenschaftlicher Sicht gibt Martin Schwarzbach (1989).

2.2 Eine Kurzfassung des Lebenslaufs von Alfred Wegener

Wir wollen hier nur eine kurze Übersicht über den allgemeinen Lebensweg von Alfred Wegener geben. Einzelheiten findet man u.a. in den oben genannten Biographien. Wegeners Zeit als Student (1899 bis 1905) behandeln wir dagegen in Kapitel 3 ausführlich. Seine Promotion in Astronomie in den Jahren 1904 und 1905 steht dann im Zentrum der meisten anderen Kapitel.

Alfred Lothar Wegener wurde am 1. November 1880 in Berlin geboren. Sein Vater war der Theologe und Altphilologe Dr. Richard Wegener (1843-1917). Von 1875 bis 1904 leitete Richard Wegener das Schindlersche Waisenhaus in der Friedrichsgracht und war zugleich Lehrer am Grauen Kloster in Berlin. Wegeners Mutter Anna, geborene Schwarz (1847-1919), war im Direktorenhaus der Glashütte in der Gemeinde Zechlinerhütte (Brandenburg) zur Welt gekommen. Dieses Haus konnte Richard Wegener 1886 als Sommerdomizil für seine Familie erwerben, und Alfred Wegener hat dort und in der weiteren Umgebung viele Ferien verbracht.

Alfred Wegener hatte zahlreiche Geschwister. Am engsten verbunden war er mit seinem etwas älteren Bruder Kurt (1878-1964), der ähnliche Interessen wie Alfred hatte.

Von 1890 bis 1899 besuchte Alfred Wegener das Köllnische Gymnasium in Berlin und bestand dort im September 1899 sein Abitur als „primus omnium“ (siehe seinen handgeschriebenen Lebenslauf, Kapitel 19.2).

Im Wintersemester 1899/1900 begann Wegener sein Studium an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin (siehe Kapitel 3 für die Details zu seinen Studienjahren). 1904/05 promovierte er hier in Astronomie bei Julius Bauschinger, dem Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts, mit einer Arbeit über „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“.

Nach seiner mündlichen Doktorprüfung am 24. November 1904, aber noch vor seiner formellen Promotion am 4. März 1905, trat Alfred Wegener eine Stelle als „Technischer Hilfsarbeiter“ am Preußischen Aerologischen Observatorium an. Diese Institution hatte ihren Sitz zunächst in Tegel bei Berlin, zog aber am 1. April 1905 nach Lindenberg bei Beeskow in Brandenburg um. Wegener betrieb hier insbesondere die Erforschung der höheren Schichten der Erdatmosphäre mit Hilfe von Aufstiegen von Drachen und Fesselballonen. Zusammen mit seinem Bruder Kurt unternahm er auch lange Freiballonfahrten. Dabei war ihm die möglichst genaue astronomische Ortsbestimmung von solchen Ballons aus ein Anliegen.

Von Juni 1906 bis August 1907 nahm Wegener als Meteorologe an der Dänischen Grönland-Expedition (Danmark-Expedition) von Ludvig Mylius-Erichsen (1872-1907) zur Erkundung der grönländischen Nordost-Küste teil.

1909 habilitierte sich Wegener an der Universität Marburg mit einer Schrift über „Die Drachen- und Fesselballon-Aufstiege der Danmark-Expedition“ und erhielt die *Venia Legendi* für die Fächer Meteorologie, Astronomie (speziell praktische Astronomie) und Kosmische Physik. Marburg gehörte seit 1866 zu Preußen. Wegeners Ernennung zum Privat-Dozenten an der Universität Marburg erfolgte daher durch das Preußische Kultusministerium. Wegeners Antrittsvorlesung am 7. Mai 1909 trug den Titel: „Die Entwicklung des astronomischen Weltbildes bis zur Gegenwart“.

1911 veröffentlichte Wegener sein meteorologisches Hauptwerk: „Thermodynamik der Atmosphäre“.

In den Anfang des Jahres 1912 fällt das Ereignis, das später den Weltruhm Wegeners begründete: Wegener hielt auf der Versammlung der Geologischen Vereinigung im Senckenberg-Museum in Frankfurt a.M. einen Vortrag über die Kontinentalverschiebungen. Zu diesem Thema, das ihn bereits seit 1910 beschäftigt hatte, siehe unser Kapitel 2.3 .

Von Mitte 1912 bis Herbst 1913 nahm Wegener an verschiedenen Stadien der Grönland-Expedition des Dänen Johan Peter Koch (1870-1928) teil. Dabei wurde nach einer Überwinterung auf einem Gletscher am Ostrand Grönlands 1913 Nordgrönland bis zu dessen Westküste durchquert.

Am 16. November 1913 heiratete Wegener in Hamburg Else Köppen (1892-1992). Sie war die Tochter des Meteorologen und Klimatologen Wladimir Köppen (1846-1940). Mit Wladimir Köppen verband Wegener eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit. Else Wegener hat ihrem Mann in vielfältiger Weise geholfen. Nach Wegeners Tod 1930 hat sie insbesondere die vorhandenen Archivalien aufgearbeitet und gesichert (z.B. Else Wegener (1960)).

Nach Ausbruch des Ersten Weltkriegs wurde Wegener sofort als Leutnant der Reserve eingezogen und an der Westfront eingesetzt. Nach zwei Verwundungen wurde er, auch wegen einer Herzschwäche, kriegsverwendungsunfähig geschrieben. Von Januar bis August 1915 lebte er daher wieder in Marburg. In dieser Zeit konnte er u.a. die erste Auflage seines Buches über die Kontinentaldrift (Wegener (1915)) fertigstellen. Ab September 1915 leistete Wegener erneut Militärdienst, überwiegend als Leiter von Feldwetterdienststationen (siehe dazu auch Kapitel 13). Im September 1916 wurde Wegener vom Preussischen Kultusministerium das Prädikat „Professor“ verliehen. 1918 erhielt Wegener einen Ruf als Professor für Meteorologie an die Universität Dorpat im damals deutsch-besetzten Estland und nahm dort kurzzeitig seine Arbeit auf. Das Kriegsende bedeutete auch das Ende dieser Episode. Im Dezember 1918 kehrte Wegener nach Marburg zurück. Hier begann er seine Laborexperimente zur Erzeugung künstlicher Mondkrater durch simulierten Meteoritenaufschlag (siehe Kapitel 2.4.4).

1919 wechselte Wegener auf die Dauerstelle eines Abteilungsvorstands an der Deutschen Seewarte in Hamburg. An der neugegründeten Universität Hamburg hielt er meteorologische Vorlesungen. Im April 1921 wurde Wegener hier zum Außerplanmäßigen Professor ernannt. In Hamburg stellte er sein Buch über die Entstehung der Mondkrater fertig (Wegener (1921)).

Im April 1924 wurde Wegener zum Ordentlichen Professor für Meteorologie und Geophysik an der Karl-Franzens-Universität in Graz ernannt.

Von Graz aus plante Wegener seit 1928 eine deutsche Inlandeis-Expedition nach Grönland. Diese Expedition wurde überwiegend von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft (Deutsche Forschungsgemeinschaft) finanziert. Wissenschaftliche Ziele der Expedition waren u.a. die Messung der Dicke des Grönlandeises, geodätische und gravimetrische Messungen, und die Untersuchung der oberen Atmosphäre über Grönland. Dazu wurde insbesondere eine Meß- und Beobachtungs-Station im Zentrum Grönlands eingerichtet (später „Eismitte“ genannt). Aufgrund technischer Probleme mit den neuen Propellerschlitten und wegen schlechtem Wetter ergaben sich schwerwiegende Probleme bei der Versorgung der Station Eismitte von der an der Westküste Grönlands gelegenen „Weststation“. Im November 1930 wollte Wegener, zusammen mit seinem grönländischen Begleiter Rasmus Villumsen, von Eismitte zur Weststation zurückkehren. Ungefähr auf der Mitte zwischen beiden Stationen verstarb Wegener am 15. oder 16. November 1930, vermutlich an Herzschwäche. Sein Begleiter begrub ihn im Eis und zog dann weiter Richtung Küste. Dort ist aber auch Villumsen nie angekommen. Wegeners Grab wurde erst im Mai 1931 aufgefunden. Die Nachricht von Wegeners Tod wurde am 8. Mai 1931 verbreitet. Die Expedition wurde von Alfreds Bruder Kurt Wegener weitergeführt, der auch ihre Ergebnisse veröffentlichte (A. und K. Wegener (1933-1940)).

2.3 Wegeners wissenschaftliche Großtat: Die Theorie der Kontinentalverschiebung

Wegener hat mit der Entwicklung seiner Theorie der Kontinentaldrift die Grundlage der heutigen Vorstellungen zur geologischen Entwicklung der Erdrinde (der Lithosphäre) gelegt. Am 6. Januar 1912 hielt Wegener auf der Versammlung der Geologischen Vereinigung im Senckenberg-Museum in Frankfurt a.M. einen Vortrag mit dem Titel: „Die Herausbildung der Großformen der Erdrinde (Kontinente und Ozeane) auf geophysikalischer Grundlage“. Wegener schreibt später, daß ihm „die erste Idee der Kontinentalverschiebungen ... bereits im Jahre 1910 bei der Betrachtung der Weltkarte unter dem unmittelbaren Eindruck der Kongruenz der atlantischen Küsten“ kam (siehe hierzu Wutzke (2013)). Wegener sammelte zahlreiche Argumente aus der Geodäsie, Geophysik, Geologie, Biologie, Paläontologie und Paläoklimatologie, die für die Kontinentalverschiebungstheorie sprachen. Seine Resultate sind in seinem Buch „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ zusammengefaßt, das 1915 erstmals erschien und bis 1929 drei weitere, stets deutlich verbesserte und umfangreichere Auflagen erlebte.

Zunächst reagierten die meisten Geologen auf Wegeners Theorie sehr ablehnend. Sie gingen davon aus, daß die Kontinente fest mit der Erdrinde verbunden seien, weil keine hinreichend starke Kraft vorstellbar war, die eine horizontale Bewegung der Kontinente hervorrufen könne. Wegeners Vorschläge dazu waren in der Tat unzureichend. Andererseits bestätigten ihn zahllose Indizien in seiner Vorstellung der Verschiebung der Kontinente⁴.

Wegeners Theorie wurde erst ab ca. 1960 weitgehend akzeptiert. Dazu trugen insbesondere die intensivere Erforschung der Meeresböden (z.B. des Mittelozeanischen Rückens) und paläomagnetische Resultate bei. Sie führten zur Theorie der Plattentektonik, bei der sich die kontinentalen Platten relativ zueinander bewegen. Als Antriebskraft für diese Driftbewegung gelten heute Konvektionsströmungen im Erdmantel.

⁴Die fehlende Kraft zur Kontinentaldrift erinnert einen Astronomen in gewissem Umfange an ein damals vorhandenes Problem hinsichtlich der Energieerzeugung im Innern der Sterne. Es gab in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts bereits relativ überzeugende physikalische Modelle des inneren Aufbaus der Sterne. Als Beispiel sei das „Punktquellen-Modell“ von A. S. Eddington (1882-1944) genannt. Aber die angenommene Energiequelle im Zentrum des Sterns war rein fiktiv, obwohl man ihre Stärke aus der beobachteten emittierten Leuchtkraft des Sterns kannte. Gemäß Einsteins Formel $E = mc^2$ war zwar z.B. durch Verschmelzung von vier Wasserstoff-Atomen zu einem Helium-Atom wegen der dabei auftretenden Massendifferenz im Prinzip eine ausreichende Energiequelle vorhanden. Aber selbst im heißen Sterninnern hatten die Protonen bei weitem nicht genügend kinetische Energie, um die abstoßende Coulomb-Kraft zu überwinden. Erst nachdem im Rahmen der Quantenmechanik um 1926 der Tunneleffekt entdeckt worden war, war klar, daß doch einige der geladenen Teilchen die hohe Coulomb-Barriere überwinden können. Die zunächst fehlende Energiequelle der Sterne war damit nachträglich gefunden.

Den direktesten Beweis für die Drift der Kontinente hat seit ca. 1980 die Radioastronomie geliefert. Man kann mit Hilfe von interkontinentalen Radio-Interferometern (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) die Positionen von Radioquellen (insbesondere von Quasaren) am Himmel und ihre Feinstruktur hochaufgelöst beobachten. Neben den astronomischen Resultaten erhält man zusätzlich den Abstand zwischen den Radioteleskopen (d.h. die Basislänge des Interferometers) mit einer extremen Genauigkeit. Heute werden weltweit Radioteleskope oft ausschließlich zu diesem geodätischen Zweck betrieben. Alle diese Messungen erlauben jetzt die direkte Bestimmung der globalen Kontinentaldrift. Zum Beispiel hat die (lineare) Entfernung zwischen einem deutschen Teleskop in Wettzell (Bayern) und einem Teleskop in Westford (Massachusetts) an der Ostküste der USA im Zeitraum von 1984 bis 2009 kontinuierlich um insgesamt 43 cm zugenommen. Das entspricht einer Driftgeschwindigkeit zwischen der europäischen (eurasischen) und der nordamerikanischen Platte von 1.7 cm pro Jahr. Figur 2 zeigt weltweite Resultate für die Bewegungen von Platten der Erd-Lithosphäre.

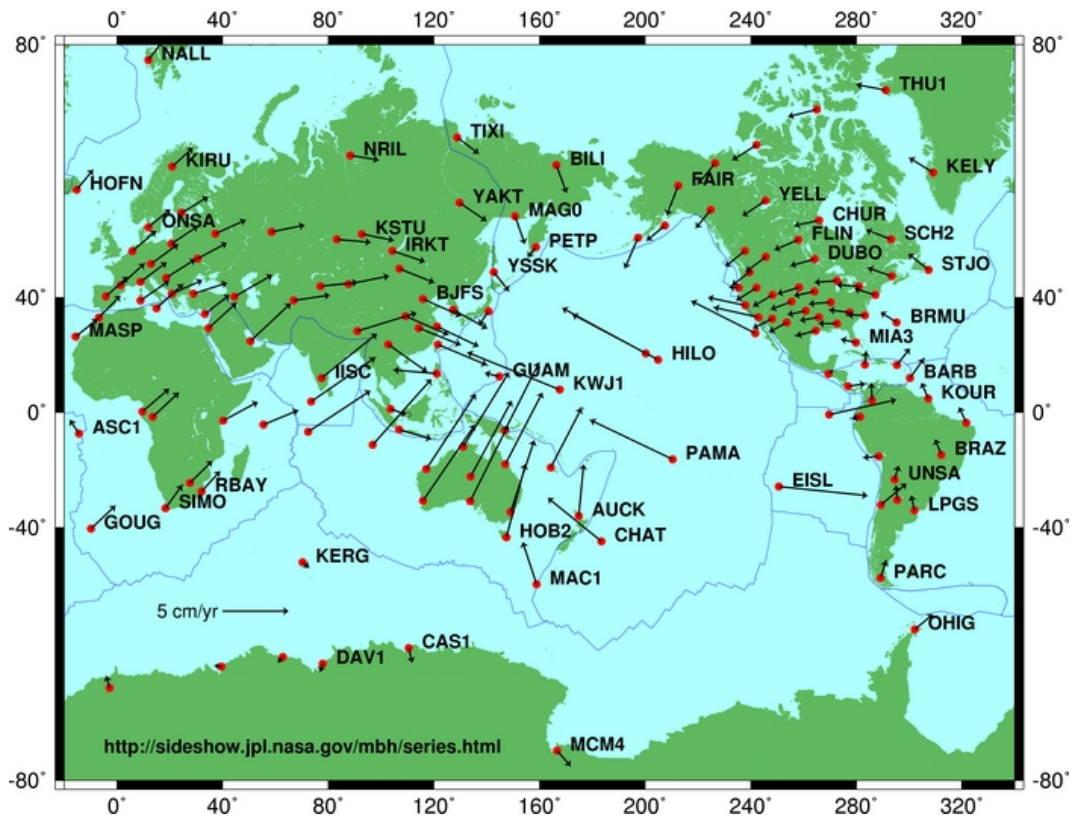


Fig. 2. Weltweite Resultate für die Bewegungen von Platten der Erd-Lithosphäre.

Die Driftgeschwindigkeiten sind durch Pfeile dargestellt.

Links unten (im Meer) ein Pfeil als Skala, dessen Länge 5 cm pro Jahr repräsentiert.

2.4 Alfred Wegeners astronomische Interessen

2.4.1 Beginn von Wegeners Interesse an der Astronomie

Für sein Studium hat Alfred Wegener von Beginn an (WS 1899/1900) Astronomie als Hauptfach gewählt und in diesem Fach auch im WS 1904/05 promoviert. Woher kam sein Interesse an der Astronomie?

Else Wegener (1960, S. 12) überliefert, daß Alfred Wegener als Primaner „viele Abende mit seinem Physiklehrer zusammen auf dem Dach der Schule am Fernrohr gesessen und Sterne beobachtet hatte“. Entweder hat also dieser uns unbekannte Gymnasiallehrer ihn mit seinem eigenen Interesse an der Himmelskunde „infiziert“ oder zumindest Wegeners anderweitig entstandenes Interesse an der Astronomie stark gefördert.

Greene (2015, S. 18) schreibt, daß Wegeners Lieblingslektüre als Gymnasiast die populären Darstellungen der Astronomie von Max Wilhelm Meyer (Das Weltgebäude. Eine gemeinverständliche Himmelskunde. 1898) und von Adolf Diesterweg (Populäre Himmelskunde und mathematische Geographie. 1890) waren⁵. Das Buch von Meyer (1853-1910) ist ein voluminöser Prachtband von 678 Seiten „mit 287 Abbildungen im Text, 10 Karten und 31 Tafeln in Farbendruck, Heliogravüre und Holzschnitt ...“. Der Preis für die gebundene Ausgabe in Halbleder betrug 16,- Mark, was damals relativ viel Geld war. Wir zeigen das Titelblatt des Buches in Fig. 3. Das Werk Meyers ist eine gelungene Mischung aus relativ komplizierten wissenschaftlichen Partien und aus wundervollen Farbtafeln, die die Phantasie anregen (z.B. Fig. 4-7), aber auch die gerade aufblühende Astrophysik thematisieren (z.B. Fig. 8).

⁵Hier scheint sich zu bestätigen, daß viele Astronomen ihr Fach gewählt haben, weil ihre Liebe zur Astronomie durch besonders anregend geschriebene populäre Literatur geweckt oder wenigstens stark gefördert wurde. Beim Autor R.W. bestärkte ihn das Buch von Bruno H. Bürgel (Aus fernen Welten. Eine volkstümliche Himmelskunde. 1952) im Alter von 14 Jahren außerordentlich in seinem jugendlichen Wunsch, Astronom zu werden. Auch kleinere astronomische Fernrohre sind in dieser Beziehung oft prägend. Bei R.W. war dies ein billiges Kosmos-Fernrohr von nur 5 cm Objektiv-Öffnung. Wegener hat wohl kein eigenes Fernrohr besessen, durfte aber dafür das vermutlich zwar kleine, aber hochwertige Gerät seines Physiklehrers mitbenutzen.

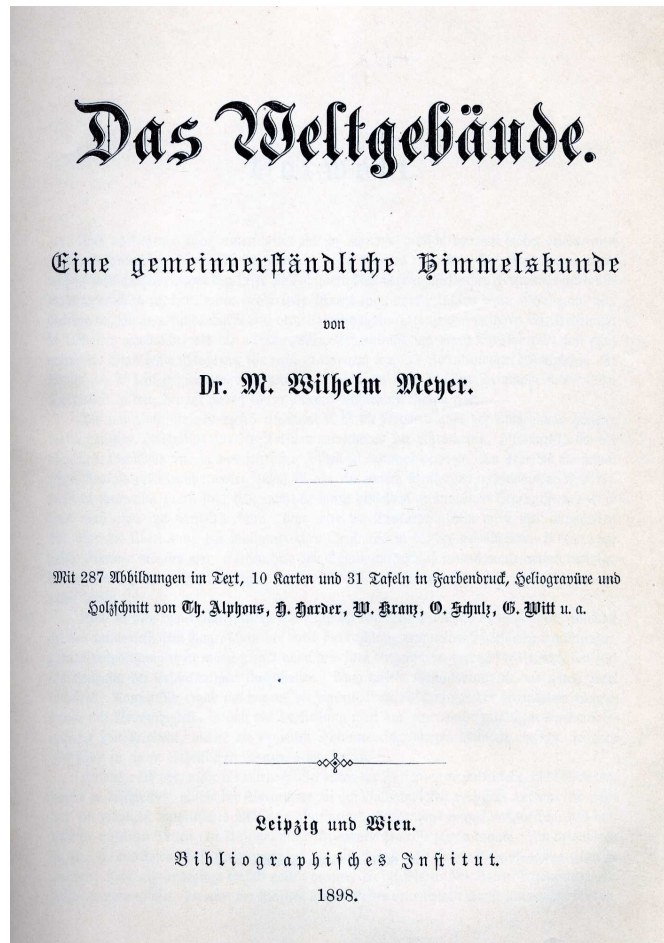


Fig. 3. Titelblatt des Buches von M. W. Meyer (1898): Das Weltgebäude.
Quelle: Exemplar im Besitz der Autoren.



Fig. 4. Farbdruck aus Meyers Buch „Das Weltgebäude“ (1898, vor S. 501):
„Mitternachtssonne im Polarmeer“



Fig. 5. Farbdruck aus Meyers Buch „Das Weltgebäude“ (1898, nach S. 654):
 „Eine Sonnenfinsternis auf dem Monde“ [*Die Erde verdeckt die fast viermal kleinere Sonne.*]

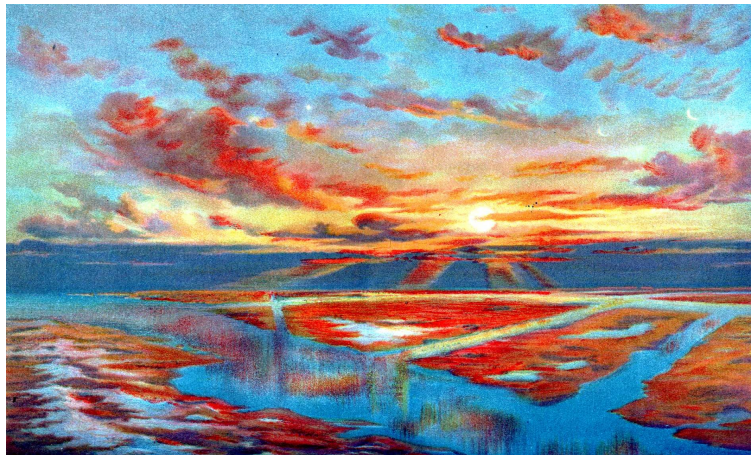


Fig. 6. Farbdruck aus Meyers Buch „Das Weltgebäude“ (1898, nach S. 154):
 „Ideale Landschaft auf dem Planeten Mars“ [*mit den Mondsicheln von Phobos und Deimos*]



Fig. 7. Farbdruck aus Meyers Buch „Das Weltgebäude“ (1898, vor S. 545):
 „Anblick des Planeten Jupiter von einem idealen Standpunkt auf einem seiner Monde“

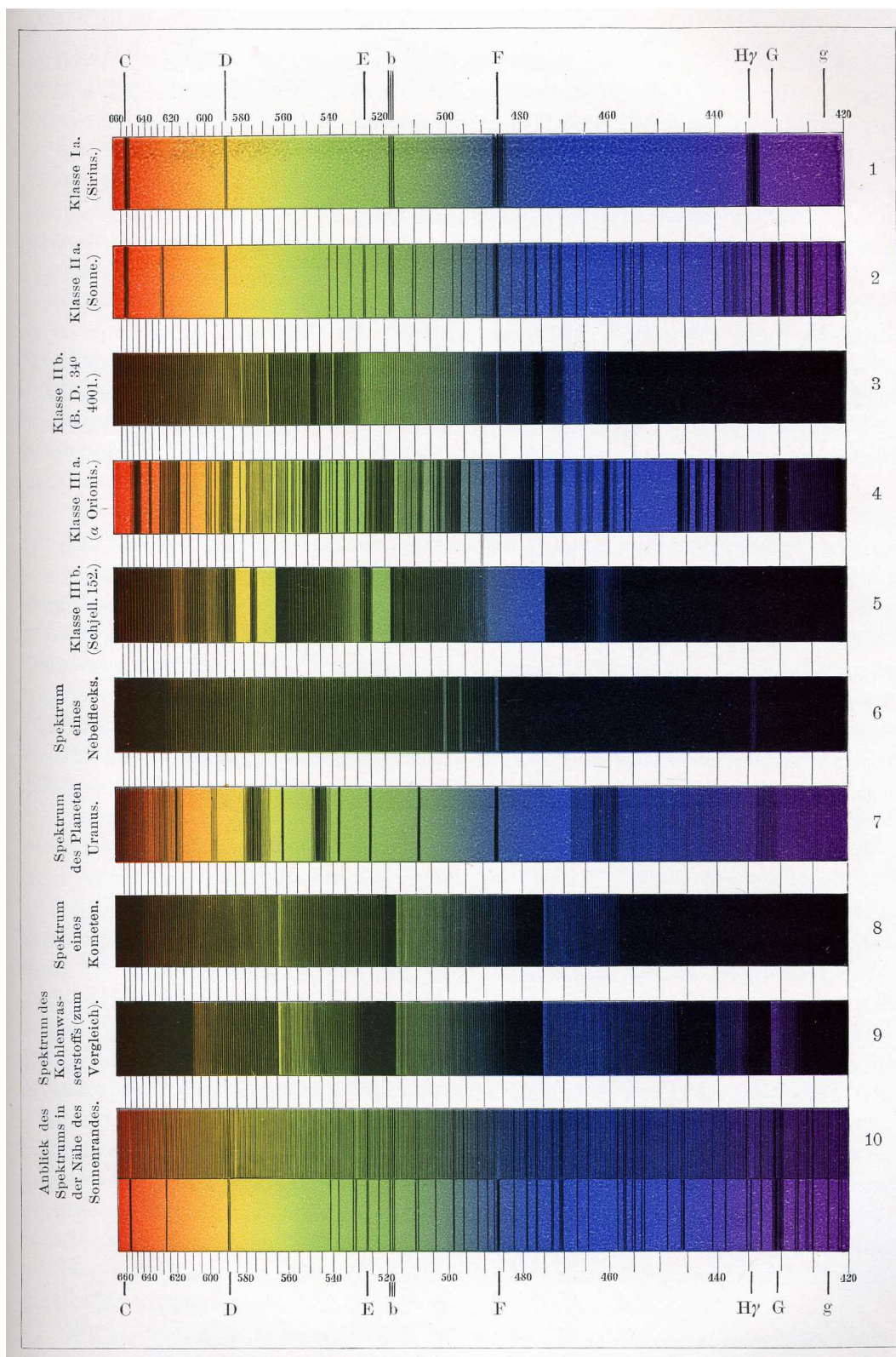


Fig. 8. Farbdruck aus Meyers Buch „Das Weltgebäude“ (1898, nach S. 74):
 „Spektren verschiedener Himmelskörper“
 [Nr. 1: *Sirius*; Nr. 2: *Sonne*; Nr. 4: *Beteigeuze* (α *Orionis*); Nr. 8: *Komet*.
 Einheit der Skala der Wellenlängen: 1 Nanometer (nm) = 10 Ångström]

2.4.2 Wegener als Astronom der Urania-Sternwarte

In seinem Lebenslauf (Kapitel 19.2) schreibt Alfred Wegener: „[Ich] hatte von Michaelis 1902 bis Michaelis 1903 [*d.h. von Anfang Oktober 1902 bis Ende September 1903*] die Stelle eines Astronomen an der Sternwarte der Gesellschaft Urania inne.“.

Die „Gesellschaft Urania“ wurde 1888 in Berlin als Aktiengesellschaft gegründet. Sie betrieb in Berlin-Moabit eine „Anstalt für volkstümliche Naturkunde“. Im Zentrum stand eine öffentliche Sternwarte. Neben der Astronomie als Mittelpunkt der Urania gab es ein Wissenschaftsmuseum mit zahlreichen Geräten und als Besonderheit ein „Wissenschaftliches Theater“ mit experimentellen Vorführungen und Vorträgen. Gegründet wurde die Urania von Wilhelm Foerster und dem Astronomen Max Wilhelm Meyer. Unterstützt wurden sie dabei von Werner von Siemens und im Hinblick auf die Finanzierung von Berliner Bankiers.

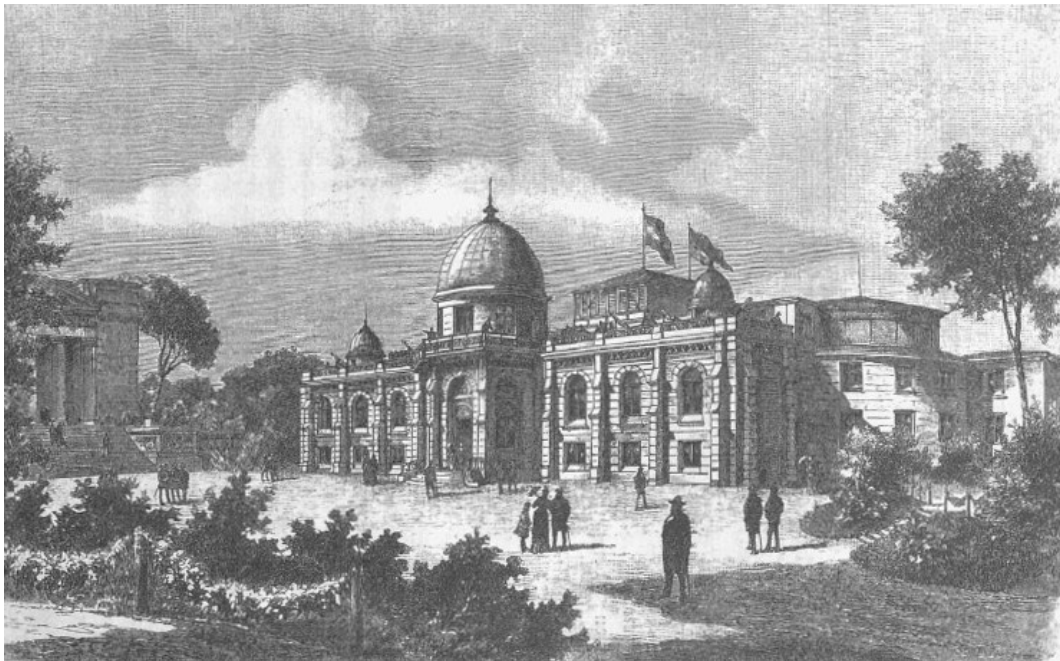


Fig. 9. Sternwarte und Schaugebäude der Urania in Berlin-Moabit, Invalidenstraße 57/62. Der große Bamberg-Refraktor befand sich in der krönenden Mittelkuppel. Links und rechts außen kleinere Kuppeln für andere Fernrohre. Quelle: Prospekt der Urania („Über die Entwicklung und die Ziele der Gesellschaft Urania“) von W. Foerster, A. Hirt, A. Jost und W. Meyer (1888, S. 13).

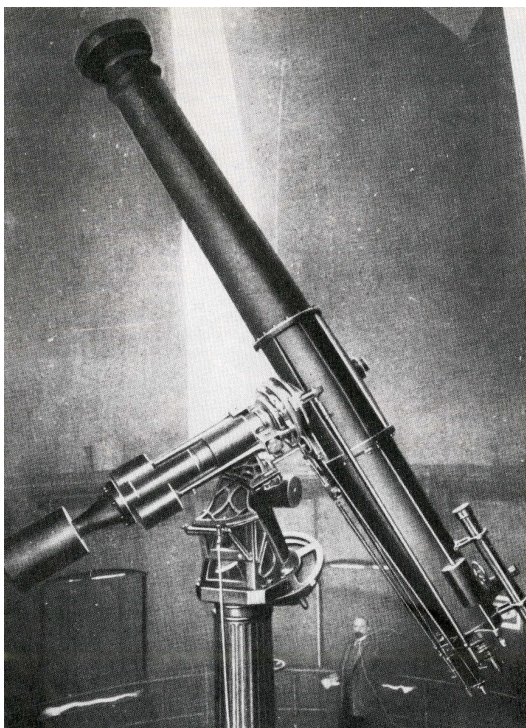


Fig. 10. Bamberg-Refraktor in der Kuppel der Urania-Sternwarte in Berlin um 1889. Im Hintergrund (am unteren Rand) vermutlich der Direktor der Urania, M. W. Meyer.
Quelle: Hess (1979, S. 27, Fig. 11).

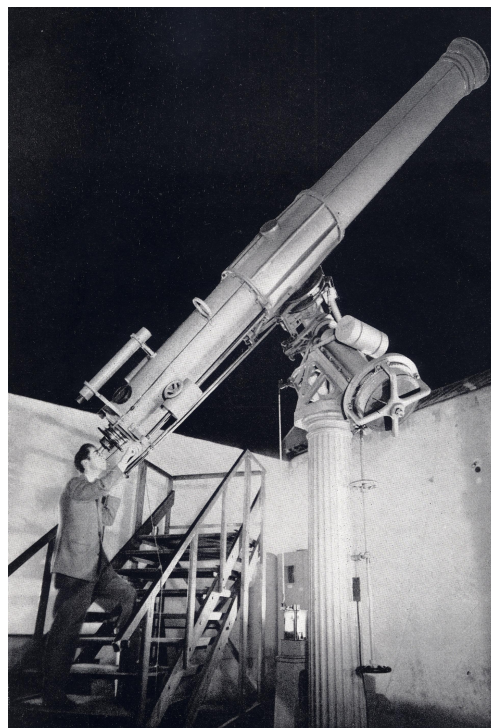


Fig. 11. Bamberg-Refraktor nach dem Umzug in die Wilhelm-Foerster-Sternwarte in Berlin-Schöneberg, damals noch in der Papestraße. Am Okular der Autor R.W. . Aufnahme um 1956/57.

Hauptinstrument der Urania-Sternwarte war der Bamberg-Refraktor (Fig. 10). Der Refraktor ist nach seinem Hersteller, der Firma Carl Bamberg in Berlin-Friedenau, benannt. Das Objektiv des Bamberg-Refraktors hat eine Öffnung von 12 Zoll (ca. 31 cm) und eine Brennweite von 5 Metern. Das Fernrohr war damals das größte in Preußen (In Deutschland besaß nur die neue Kaiserliche Sternwarte in Straßburg seit 1880 ein größeres mit 49 cm Öffnung und 7 Metern Brennweite).⁶

⁶Der Bamberg-Refraktor wurde nach Ende des Zweiten Weltkriegs aus der Ruine der Urania-Sternwarte gerettet und in der Wilhelm-Foerster-Sternwarte an der Papestraße in Berlin-Schöneberg aufgestellt (Fig. 11). Dort hat einer der Autoren (R.W.) von 1954 bis 1960 als Schüler und Student an diesem Instrument visuell und photographisch beobachtet und auch öffentliche Führungen betreut. R.W. war sich damals allerdings nicht bewußt, daß dies bereits fünfzig Jahre früher auch ein Student namens Alfred Wegener am selben Fernrohr getan hatte. Heute befindet sich die Wilhelm-Foerster-Sternwarte und der Bamberg-Refraktor auf dem Berliner Insulaner.

1896 wurden die Ausstellungsräume und das Wissenschaftliche Theater der Urania in zentraler gelegene Räume in der Taubenstraße 48/49 in Berlin-Mitte verlegt. Die Sternwarte der Urania verblieb aber in der Invalidenstraße als etwas isolierter „Außenposten“.

Ob Alfred Wegener als Schüler oder junger Student an Veranstaltungen der Urania teilgenommen hat, wissen wir nicht, halten es aber für möglich. M. W. Meyer hat er aber dort wohl nicht mehr persönlich erlebt. Dieser war wegen interner Auseinandersetzungen als Direktor der Urania zunächst beurlaubt und im Jahre 1897 dann entlassen worden.

Welche Aufgaben hat Wegener als „Astronom an der Sternwarte der Urania“ wahrgenommen? Seine Hauptaufgabe war sicher die Betreuung der Führungen für das Publikum an den Fernrohren, vor allem in den Abendstunden. Wahrscheinlich stand ihm dabei technisches Hilfs- und Aufsichts-Personal zur Verfügung, denn allein war das nicht zu bewältigen⁷. Vielleicht haben auch andere junge Studenten für kürzere Zeiten mitgeholfen. Für seine Arbeit auf der Sternwarte war es aus zeitlichen Gründen sehr hilfreich, daß er während seiner Anstellung an der Urania in der Sternwarte wohnen konnte⁸.

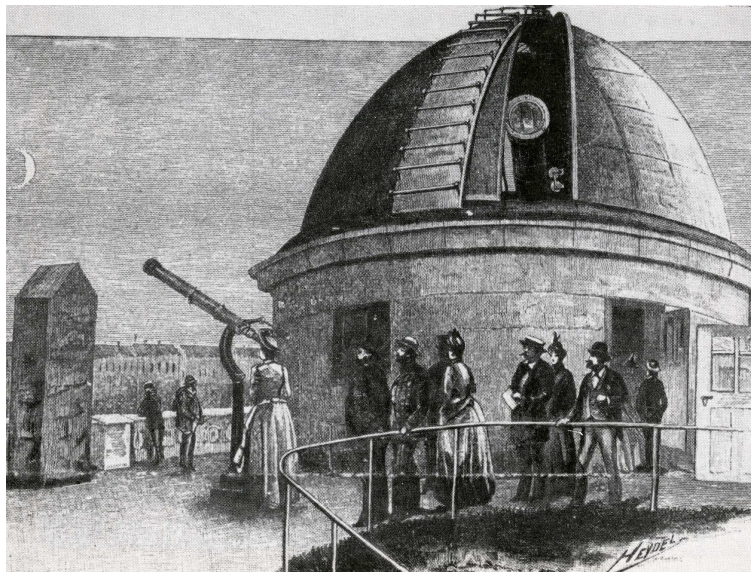


Fig. 12. Beobachtungsterrasse auf dem Dach der Sternwarte der Urania.

Quelle: Hess (1979, S. 38, Fig. 17).

⁷Einer dieser Hilfskräfte war von 1894 bis 1900 (also noch vor Wegeners Zeit) Bruno H. Bürgel (1875-1948). Er wurde später als Schriftsteller sehr bekannt. Sein wichtigstes Werk (Aus fernen Welten) erschien seit 1910 in zahlreichen Auflagen (Siehe auch Fußnote zu Kapitel 2.3.1). Bürgel war von 1903 bis 1905 Gasthörer an der Berliner Universität.

⁸Auch Wegeners beide Vorgänger, Witt und Graff, hatten während ihrer Tätigkeit für die Urania auf der Sternwarte der Urania gewohnt. Vielleicht war das für sie nicht nur ein Anrecht, sondern die Urania erwartete dies sogar von ihren Astronomen.

Die unmittelbaren Vorgänger Wegeners als Astronomen der Urania-Sternwarte hatten neben ihrer volksbildenden Arbeit eine wissenschaftliche Beobachtungstätigkeit durchgeführt, obwohl sie auch noch keinen akademischen Abschluß in Astronomie besaßen. Gustav Witt (1866-1946) hat dabei auf seinen photographischen Aufnahmen zwei Kleine Planeten entdeckt: am 8. Oktober 1896 den Kleinen Planeten (422) [1896 DA] Berolina und am 13. August 1898 den Kleinen Planeten (433) [1898 DQ] Eros (Zu Eros siehe Kapitel 8.5.1). Er hat aber seit 1891 auch zahlreiche Positionen anderer Kleiner Planeten und von Kometen bestimmt. Erst 1905 hat Witt bei Bauschinger in Astronomie promoviert. Ab 1913 leitete er als Außerplanmäßiger Professor die Urania-Sternwarte als Übungssternwarte der Berliner Universität, nachdem die alte Berliner Sternwarte am Enckeplatz 1913 abgerissen worden war. Nachfolger von Witt an der Urania war cand. astr. Kasimir Graff (1878-1950). Er beobachtete Veränderliche Sterne und Kleine Planeten, und bestimmte von 130 Kratern auf dem Mond deren Durchmesser. Graff promovierte 1901 bei Bauschinger und trat 1902 eine Stelle an der Hamburger Sternwarte an. 1929 wurde er Direktor der Universitätssternwarte Wien.

Von Wegener ist uns keine wissenschaftliche astronomische Beobachtungstätigkeit an der Sternwarte der Urania überliefert. Mitteilungen über derartige Beobachtungen wären vermutlich in den Astronomischen Nachrichten (AN) oder im Astronomischen Jahresbericht (AJB) zu finden. Wir glauben daher, daß sich Wegener an der Urania weitgehend auf die Führungs- oder Vortrags-Tätigkeit konzentriert hat.

Die offizielle Bezeichnung von Wegeners Stelle bei der Urania kennen wir nicht. In einem Lebenslauf bezeichnet Witt sich als „Astronom der Sternwarte Urania 1893-1895, Abteilungsvorsteher der Sternwarte Urania 1895-1900“. Graff teilt ebenfalls in einem Kurzlebenslauf mit, daß er „Vorstand der Urania-Sternwarte 1899-1902“ war. Tätig war er dort aber bereits seit 1897.

Die Vergütung ihrer Astronomen durch die Urania war wohl nicht sehr hoch, zumal sie noch alle die meiste Zeit ohne Abschluß (d.h. ohne Promotion) waren. Jedenfalls verdiente sich Witt einen großen (vielleicht den größten) Teil seines Lebensunterhalts als Stenograph, zunächst des Preußischen Abgeordnetenhauses von 1888 bis 1898, und dann des Deutschen Reichstags von 1898 bis 1931. Graff erhielt wahrscheinlich finanzielle Unterstützung von seinem Vater, der Gutsbesitzer in der Provinz Posen war. Wegeners Lebensunterhalt wurde ebenfalls weitgehend durch seinen Vater finanziert. Allerdings war Wegener sicher froh, daß er durch seine Arbeit an der Urania-Sternwarte wenigstens einen Teil selbst beitragen konnte.

Reinke-Kunze (1994, S. 19) schreibt in ihrer Biographie Wegeners: „Da er [*d.h. Alfred Wegener*] unmittelbar nach dem Studienabschluß zunächst keine geeignete Stellung fand, war er für kurze Zeit an der Berliner Urania tätig“. Dies erscheint uns aber unwahrscheinlich. Wir kennen dafür keinen Beleg und die

Autorin nennt leider keine Quelle ihrer Information. Vermutlich handelt es sich daher um ein Versehen. Als Zeitraum einer zweiten Tätigkeit von Wegener für die Urania käme höchstens die Zeit von Anfang September bis Ende Dezember 1904 in Frage.

2.4.3 Wegener als Mitglied der Berliner Akademisch-Astronomischen Vereinigung

Wutzke (1988, S. 18) berichtet, daß Wegener als Student der Berliner Akademisch-Astronomischen Vereinigung (A²V) angehört hat.

Leider kennen wir keine Einzelheiten über diese Vereinigung. Sie muß mindestens seit 1890 bestanden haben, denn die Deutsche Seewarte erwähnt z.B. in ihrem Bibliothekskatalog von 1890 einen Schriftenaustausch mit der A²V. Dabei wird als Ansprechpartner meist der Berliner Astronom Otto Jesse (1838-1901) in Berlin-Steglitz erwähnt. Jesse hat vor allem die „Leuchtenden Nachtwolken“ untersucht und ist dafür noch heute bekannt. Allerdings verstarb Jesse nach schwerer Krankheit am 1. April 1901. Er kann also in Wegeners Studienzeit die A²V nicht mehr geprägt haben. Wie lange die A²V bestanden hat, wissen wir auch nicht. Spätestens ab 1907 gab es den Akademischen Verein für Astronomie und Physik zu Berlin, eventuell ein Nachfolger der A²V.

Über die Mitarbeit Wegeners im A²V wissen wir wenig. Wutzke (1988) berichtet nur, daß Wegener dort als kommender Polarforscher gerne das Lied „Von dem Eskimann und von der Eskifrau“ vorgetragen habe.

2.4.4 Wegeners Beschäftigung mit der Astronomie nach seiner Promotion

Nach seiner Promotion widmete sich Wegener überwiegend den Fachgebieten der Meteorologie und der Geophysik. Astronomische Themen spielten für ihn ab 1905 nur noch eine untergeordnete Rolle. Wie kam es zu diesem Wechsel in seinem Tätigkeitsfeld?

Es ist überliefert (Benndorf 1931 in seinem Nachruf auf Wegener), daß Wegener gegenüber einem Studienfreund geäußert haben soll: „In der Astronomie ist alles im wesentlichen schon bearbeitet, nur speziell mathematische Begabung und besondere Einrichtungen auf Sternwarten können zu neuen Erkenntnissen führen, zudem bietet die Astronomie keine Gelegenheit zu körperlicher Betätigung.“. Der erste Teil dieser Bemerkung wurde durch die stürmische Entwicklung der Astronomie und Astrophysik im 20. Jahrhundert widerlegt, Die letzte Bemerkung ist natürlich korrekt, wenn man die Tätigkeit eines Astrono-

men mit der eines Freiballonfahrers oder eines Polarforschers vergleicht. Aber auch die nächtliche Beobachtungstätigkeit eines Astronomen in der kalten Sternwarten-Kuppel war durchaus körperlich anstrengend. Neben der Verlagerung der Interessen Wegeners kam für seinen Wechsel in andere Fächer vermutlich auch die Erkenntnis hinzu, daß es damals (wie auch heute) nur sehr wenige Dauerstellen in Astronomie und noch weniger Astronomie-Professuren an Universitäten gab. Allerdings mußte Wegener nach seiner Promotion auch über 13 Jahre auf eine Dauerstelle in der Meteorologie (in Hamburg) und 19 Jahre auf eine Ordentliche Professur (für Meteorologie und Geophysik an der Universität Graz) warten.

Eine Arbeit Wegeners von 1916 ist im Grenzbereich zwischen Astronomie und Atmosphärenphysik angesiedelt. Es handelt sich um die Bahnbestimmung eines Meteoriten. Am 3. April 1916 wurde über Hessen ein auffälliger Meteor (in Gestalt einer Feuerkugel) beobachtet. Wegener sammelte möglichst viele Zeugenaussagen und bestimmte als wahrscheinlichen Aufschlagspunkt ein Gebiet in der Nähe von Treysa. Dort wurde dann im März 1917 tatsächlich der auslösende Eisenmeteorit (Gewicht 63 kg, Durchmesser 36 cm) 1.6 Meter tief im Waldboden in seinem Einschlagloch gefunden (Wegener (1918)). Kopff (1931, siehe auch Kapitel 13.1) schreibt dazu, dies sei wohl das erste Mal gewesen, daß ein Meteorit aufgrund der Berechnung seiner Bahn aufgefunden wurde.

In den Jahren von 1919 bis 1921 beschäftigte sich Wegener mit der Entstehung der Mondkrater. Es gab damals viele konkurrierende Theorien zur Entstehung dieser auffälligen Strukturen auf der Mondoberfläche. Insbesondere standen sich die Aufsturzhypothese (Kraterbildung durch Einschlag eines großen Meteoriten) und die Vulkanhypothese (Krater als Rest eines Vulkanausbruchs) gegenüber. Wegener unterstützte die Aufsturzhypothese mit verschiedenen Argumenten. Um sie auch experimentell zu untermauern, führte er 1919 im Physikalischen Institut in Marburg Labor-Versuche dazu durch. Er benutzte sowohl für die Mondkruste als auch für den aufstürzenden Körper Zementpulver^{9 10}. Wegener fand große Übereinstimmung zwischen den Profilen seiner Versuchskrater und den beobachteten Werten für die realen Mondkrater. Wegener veröffentlichte seine Resultate zunächst in mehreren Zeitschriftenartikeln und faßte sie dann in einer 48-seitigen Monographie (Wegener (1921)) zusammen. Spätere Forschungen (besonders die Ergebnisse aus den Mondlandungen) haben Wegeners Ansicht eindeutig bestätigt, daß die Mondkrater durch Einschläge von Meteoriten bzw. Asteroiden entstanden sind.

⁹Wegener begründet ausführlich, warum im Experiment das echte Gestein der Mondoberfläche und des aufstürzenden Körpers am besten durch loses Zementpulver simuliert wird

¹⁰Wegeners Beschreibung der Durchführung der Experimente ist recht unpräzise: So wurde „der Aufsturz nur mit Handkraft bewerkstelligt“. „Beim Wurf der Staubmasse [*als einschlagendem Körper*] wurde stets ein Eßlöffel benutzt; die meisten Krater wurden mit etwa einem halben Eßlöffel voll Staub geworfen, der größte von 12 cm Durchmesser mit einem hoch gehäuften Eßlöffel.“



Fig. 13. Einer von Wegeners experimentell erzeugten Aufsturzkratern aus Zementpulver. Durchmesser 9.8 cm. Maßstab mit cm-Teilung. Quelle: Wegener (1921, S. 29, Tafel I, Fig. 3).

Auch wenn Wegener nach 1905 kaum noch astronomische Forschung betrieb, so hielt er doch als Dozent in Marburg einige Vorlesungen mit astronomischer Thematik, z.B. „Allgemeine Astronomie (mit Lichtbildern und Demonstrationen auf der Sternwarte)“ und „Astronomisch-geographische Ortsbestimmung“.

Insgesamt ist wohl der Bericht von Kopff (1931, siehe auch Kapitel 13.1) hervorzuheben, Alfred Wegener habe sich nach seiner eigenen Aussage „sein Leben lang als Jünger der Astronomie“ betrachtet, auch wenn er sich später überwiegend anderen Fachgebieten zugewandt hatte.

2.5 Ehrungen Wegeners im Bereich der Astronomie

An Alfred Wegeners Lebenswerk wird durch folgende Ehrungen auf astronomischem Gebiet erinnert:

(1) Mondkrater „Wegener“

Ein großer Krater des Mondes wurde 1970 durch die Internationale Astronomische Union (IAU) nach Wegener benannt. Der Durchmesser des Kraters beträgt ca. 96 km. In der Nähe dieses großen Kraters liegen zwei etwas kleinere Krater, die seit 2006 ebenfalls den Namen Wegeners tragen: „Wegener W“ (ca. 52 km Durchmesser) und „Wegener K“ (ca. 31 km). Der große Krater Wegener ist vermutlich im „Pre-Nectaris“-Zeitalter des Mondes vor über 3.9 Milliarden Jahren entstanden. Alle drei Krater sind von der Erde aus nicht sichtbar, da sie sich auf der von uns ständig abgewandten Rückseite des Mondes befinden. Die Benennung von Mondkratern nach Wegener ist eine besonders angemessene Ehre, weil sich Wegener intensiv mit der Entstehung von Mondkratern beschäftigt hat (siehe Wegener (1921) und Kapitel 2.4.4).

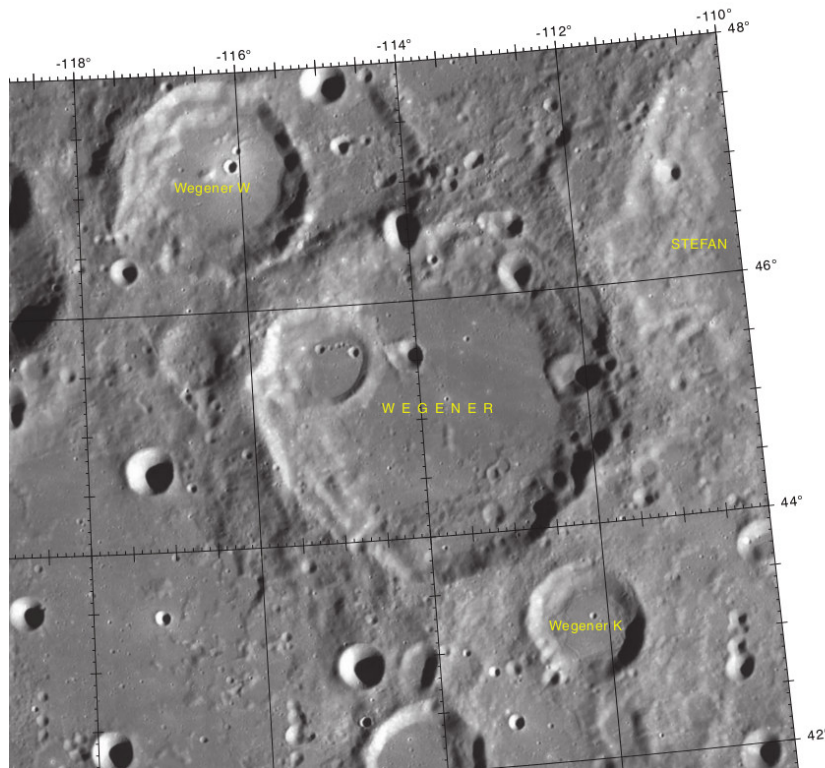


Fig. 14. Nach Alfred Wegener benannte Mondkrater: Wegener (Mitte), Wegener W (oben links), und Wegener K (unten rechts). Die Skalen oben und rechts geben die Länge und die Breite auf dem Mond an. Das Zentrum von „Wegener“ liegt bei -113.81° Länge und bei $+45.21^\circ$ Breite. Quelle des Bildes: NASA/GSFC/ASU.

(2) Marskrater „Wegener“

Im Jahre 1973 wurde ein Krater auf dem Planeten Mars durch die Internationale Astronomische Union (IAU) nach Wegener benannt. Der Durchmesser des Kraters beträgt ca. 68.5 km. Der Krater liegt auf der Südhalbkugel des Mars im Bereich der kleinen Ebene „Sisyphi Planum“. Der Krater Wegener ist geologisch sehr interessant, weil in ihm Dünen existieren, die ihr Aussehen mit dem Wechsel der Jahreszeiten auf dem Mars ändern.

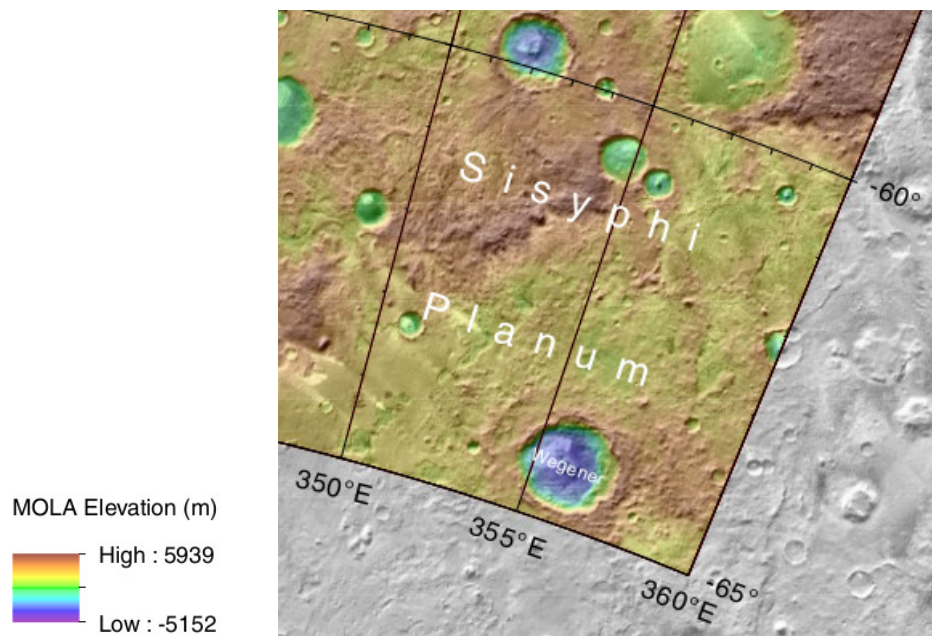


Fig. 15. Nach Alfred Wegener benannter Marskrater (Mitte unten; blau-violett eingefärbt, denn der Kraterboden liegt mehrere Kilometer tiefer als die umgebende Ebene „Sisyphi Planum“). Die Skalen unten und rechts geben die Länge und die Breite auf dem Mars an. Das Zentrum von „Wegener“ liegt bei 355.93° Länge und bei -64.3° Breite. Die farbige Skala links neben dem Bild zeigt die Kodierung der Höhenangaben in Metern über einem mittleren Marsniveau. Quelle des Bildes: IAU, USGS Astrogeology Science Center, NASA.

(3) Kleiner Planet (29227) „Wegener“

Die Internationale Astronomische Union (IAU) hat im Jahre 2002 den Kleinen Planeten mit der Nummer (29227) nach Alfred Wegener benannt. Dieser Asteroid wurde 1992 von Freimut Börngen auf der Thüringer Landessternwarte Tautenburg entdeckt. Der Kleine Planet Wegener gehört zum Hauptgürtel der Asteroiden und hat eine Umlaufszeit um die Sonne von 3.68 Jahren. Sein Durchmesser beträgt knapp 4 km. Die Benennung eines Asteroiden nach Wegener ist auch deswegen besonders angemessen, weil Wegeners erste wissenschaftliche Arbeit die Bahnbestimmung eines Kleinen Planeten, nämlich von (511) Davida, betraf (siehe Kapitel 3.4).

3 Wegeners Studienjahre

3.1 Verlauf des Studiums

Alfred Wegener begann sein Studium im Wintersemester 1899/1900. Er wurde am 13. Oktober 1899 an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin immatrikuliert. Sein Hauptfach war Astronomie. Als erstes Nebenfach wählte er Meteorologie. Beide Fächer gehörten zum Kanon der Philosophischen Fakultät der Universität. Daher mußte er im Laufe seines Studiums auch Philosophie studieren, da die Promotionsordnung der Fakultät die Philosophie als notwendiges Nebenfach vorschrieb. Zusätzlich zu Lehrveranstaltungen aus seinen eigentlichen Fächern besuchte Wegener auch Vorlesungen in Mathematik, Physik, Geologie, Mineralogie und Botanik, um sich ein breites Grundwissen anzueignen.

Zum Sommer-Semester 1900 wechselte Wegener an die Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg (Ruperto Carola), der ältesten Universität in Deutschland, gegründet 1386. Die Heidelberger Universität war um 1900 mit etwas über 1500 Studenten deutlich kleiner als die Berliner Universität mit ihren über 5000 Studenten (im Sommer) bzw. über 6000 (im Winter).

In Heidelberg war Wegener von vielen Normen seines Elternhauses und seiner gewohnten Umgebung befreit. Er wohnte in der Mitte der Altstadt, in der Ingramstraße No. 5. In Heidelberg trat Wegener in eine farbentragende und schlagende Verbindung ein („Farbenbund“?). Am 3. Juli 1900 wurde er sogar zu einer Geldstrafe von 5,- Mark (ersatzweise 2 Tage Haft) verurteilt, weil er „mit umgehängtem weißen Tuch durch die Hauptstraße zum Marktplatz zog und dabei durch überlautes Schreien ruhestörenden Lärm erregte“ (zitiert nach Wutzke (1988a)). Den berühmten Heidelberger Studentenkarzer hat Wegener aber wohl nicht von Innen kennengelernt, obwohl viele Studenten es mit einem Jux darauf anlegten, und dann stolz waren, hier kurzzeitig inhaftiert gewesen zu sein.

In Heidelberg hat Wegener die Einführungsvorlesung in die Astronomie von Karl Wilhelm Valentiner, dem Direktor der Astrometrischen Abteilung der Großherzoglichen Sternwarte, gehört. Beim Astronomen Max Wolf, dem Direktor der Astrophysikalischen Abteilung der Heidelberger Sternwarte, hat Wegener eine Vorlesung zur Meteorologie, die neben der Astronomie zum Aufgabengebiet von Wolf gehörte, besucht. Kurz vor Beginn des Sommer-Semesters hätte Wegener an einer für ihn später sehr interessanten Lehrveranstaltung teilnehmen können. Wolf bot einen „Ferienkurs in den Osterferien“ an: „Praktische Uebungen in Zeit- und Ortsbestimmungen auf Reisen“, der vermutlich auf der Sternwarte stattfand. So ist leider überliefert, daß Wegener im Sommer-

Semester 1900 kein einziges Mal die Sternwarte auf dem Königstuhl oberhalb von Heidelberg besuchte.

Für das Winter-Semester 1900/01 kehrte Wegener an die Berliner Universität zurück.

Das nächste Sommer-Semester (1901) verbrachte Wegener wieder außerhalb Berlins. Zusammen mit seinem älteren Bruder Kurt studierte er ein Semester lang an der Leopold-Franzens-Universität in Innsbruck. Hier widmete er sich ausschließlich der Botanik, Geologie und Mineralogie. Neben dem Studium unternahmen die beiden Brüder ausgedehnte Wanderungen und Bergtouren in den Alpen. Unter anderem bestiegen sie den Ortler (Gipfelhöhe 3905 Meter) im damals noch österreichischen Südtirol.

Mit Beginn des Winter-Semesters 1901/02 setzte Wegener sein Studium in Berlin fort. Allerdings leistete er während des Winter-Semesters 1901/02 und des folgenden Sommer-Semesters 1902 seinen Militärdienst als „Einjährig-Freiwilliger“ ab. Er war jedoch in Westend, nahe bei Berlin, stationiert, und konnte so neben seinem Militärdienst auch die Berliner Universität besuchen. Der Militärdienst ließ ihm dafür aber nur wenig Zeit. Er hörte daher in diesen beiden Semestern (1901/02 und 1902) nur jeweils eine Vorlesung über Philosophie.

Nach Abschluß seines Militärdienstes intensivierte Wegener sein Studium an der Berliner Universität in den Fächern Astronomie und Meteorologie. Vom Wintersemester 1902/03 an (Wegeners 7. Semester) bis zum Sommer-Semester 1904 (Wegeners 10. Semester) hörte er zahlreiche Vorlesungen und nahm an mehreren Seminaren teil. Seine Hochschullehrer in Astronomie waren in erster Linie Julius Bauschinger und Wilhelm Foerster.

Am Ende des Winter-Semester 1903/04 oder am Beginn des Sommer-Semester 1904 erhielt Wegener das Thema für seine Doktorarbeit. Sein Doktorvater war Julius Bauschinger, der Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts (siehe Kapitel 5). Von Wilhelm Foerster erhielt Wegener aber sicher auch Ratschläge zu seiner Doktorarbeit.

Am 9. Juli 1904, gegen Ende des Sommer-Semesters 1904, meldete sich Wegener beim Dekan der Philosophischen Fakultät der Berliner Universität zur Promotionsprüfung an und übergab seine fertige Dissertation (siehe Kapitel 4 und 8.1). Nachdem seine Dissertation von Bauschinger und Foerster positiv begutachtet worden war, bestand Wegener am 24. November 1904 seine mündliche Doktorprüfung (das Rigorosum). Als die Dissertation in gedruckter Form vorlag, wurde Wegener am 4. März 1905 mit der Note „magna cum laude“ (sehr gut) zum Dr. phil. promoviert.

3.2 Besuchte Vorlesungen und Seminare

Aus Wutzke (1988a, 1988b, 1997), Greene (2015), Hamel und Tiemann (1988) und anderen Quellen kann man die folgende Liste von Vorlesungen und Seminaren zusammenstellen, die Wegener als Student belegt hat. Dabei sind uns allerdings die exakten Titel der Vorlesungen z.T. nicht bekannt.

1. Semester (Winter-Semester 1899/1900, Berlin)

Schwarz: Analytische Geometrie

Schwarz: Maxima und Minima in elementargeometrischer Behandlung

Knoblauch: Differentialrechnung

Knoblauch: Übungen in der Differentialrechnung

Warburg: Experimentalphysik

Fischer: Anorganische Experimentalchemie

Scheiner: Populäre Astrophysik

Marcuse: Praktische Astronomie

2. Semester (Sommer-Semester 1900, Heidelberg)

Valentiner: Allgemeine Astronomie

Wolf: Elemente der Meteorologie

Koenigsberger: Differential- und Integralrechnung

Quincke: Experimentalphysik (Optik, Magnetismus, Elektrizität)

3. Semester (Winter-Semester 1900/01, Berlin)

Bauschinger: Mechanik des Himmels, ältere Theorien

Marcuse: Einführung in die Theorie und Praxis

geographisch und nautisch-astronomischer Ortsbestimmung

Marcuse: Astronomische Übungen zur geographischen Ortsbestimmung

Fuchs: Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen

Planck: Allgemeine Mechanik

von Bezold: Allgemeine Meteorologie

4. Semester (Sommer-Semester 1901, Innsbruck)

Heinrichers: Allgemeine Botanik (Pflanzen-Physiologie)

Heinrichers: Uebungen im Untersuchen der Phanerogamen
mit specieller Rücksicht auf die Medicinalpflanzen

Heinrichers: Botanische Excursionen

Blaas: Geologische Wanderungen durch die Tiroler Alpen

Blaas: Qualitative und quantitative Mineralanalyse. (1. Teil, Theoreticum)

Cathrein: Mineralogische und petrographische Excursionen

5. Semester (Winter-Semester 1901/02, Berlin)

Dilthey: Allgemeine Geschichte der Philosophie bis auf die Gegenwart,
in ihrem Zusammenhang mit der Cultur der Neuzeit

6. Semester (Sommer-Semester 1902, Berlin)

Paulsen: Geschichte der neueren Philosophie,
mit Rücksicht auf die gesammte Cultur der Neuzeit

7. Semester (Winter-Semester 1902/03, Berlin)

Bauschinger: Theorie der speciellen Störungen

Bauschinger: Theorie der Sonnenfinsternisse

Bauschinger: Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur
(im Seminar für wissenschaftliches Rechnen)

Foerster: Berechnung von Meteorbeobachtungen, Wolkenhöhen u. dergleichen
(im Seminar für wissenschaftliches Rechnen)

Planck: Theorie der Wärme, einschließlich Thermochemie

Frobenius: Algebra

8. Semester (Sommer-Semester 1903, Berlin)

Bauschinger: Einleitung in die Mechanik des Himmels

Bauschinger: Die Doppelsterne

Bauschinger: Berechnung der Fixsternephemeriden (Seminar)

Foerster: Geschichte der griechischen Astronomie

Foerster: Theorie der Zeitmessung
Foerster: Ausgewählte Capitel aus der Fehlertheorie
Foerster: Seminar[?]
von Bezold: Theoretische Meteorologie. Thermodynamik der Atmosphäre
Stumpf: Logik und Einleitung in die Philosophie

9. Semester (Winter-Semester 1903/04, Berlin)

Bauschinger: Mechanik des Himmels, ältere Theorien ¹¹
Bauschinger: Einrichtung und Gebrauch der Planetentafeln
(Seminar)
Foerster: Theorie der Raummessung
Foerster: Geschichte der arabischen und mittelalterlichen Astronomie
von Bezold: Über Wind und Wetter
von Bezold: Meteorologische Übungen, für Anfänger
Helmert: Methode der kleinsten Quadrate
Eggert: Topographische Landesaufnahme

10. Semester (Sommer-Semester 1904, Berlin)

Bauschinger: Potentialtheorie mit Anwendungen
auf die Figur und Rotation der Himmelskörper
Bauschinger: Einleitung in die Rechenkunst (Seminar)
Foerster: Geschichte der neueren Astronomie seit Newton
Foerster: Fundamentale Winkelmessungen am Himmel
von Bezold: Meteorologisches Colloquium

11. Semester (Winter-Semester 1904/05, Berlin)

Keine Vorlesungen und Seminare mehr besucht.
Am 24. November 1904 mündliche Doktor-Prüfung bestanden.
Am 4. März 1905 offizielle Promotion.

¹¹Diese Vorlesung hatte Wegener bereits im 3. Semester gehört. Damals hatte er aber die zugehörige Einführungsvorlesung (Bauschinger: Einleitung in die Mechanik des Himmels) verpaßt, weil er im 2. Semester in Heidelberg studiert hatte. Dadurch konnte er die Vorlesung beim ersten Mal wohl nicht voll würdigen. Vielleicht zeichnete sich jetzt auch bereits das Thema seiner Dissertation ab und er wollte seine Kenntnisse auf dem entsprechenden Gebiet durch das erneute Hören dieser Vorlesung vertiefen.

3.3 Wegeners Hochschullehrer

in Berlin:

Bauschinger, Julius (1860-1934): Astronom (siehe Kapitel 5.1.1)
Bezold, Wilhelm von (1837-1907): Meteorologe
Dilthey, Wilhelm (1833-1911): Philosoph
Eggert, Hermann Paul Otto (1874-1944): Geodät
Fischer, Emil (1852-1919): Chemiker
Foerster, Wilhelm (1832-1921): Astronom (siehe Kapitel 5.1.2)
Frobenius, (Ferdinand) Georg (1849-1917): Mathematiker
Fuchs, Immanuel Lazarus (1833-1902): Mathematiker
Helmert, Friedrich Robert (1843-1917): Geodät
Knoblauch, Johannes (1855-1915): Mathematiker
Marcuse, Adolf (1860-1930): Astronom
Paulsen, Friedrich (1846-1908): Philosoph
Planck, Max (1858-1947): Physiker
Scheiner, Julius (1858-1913): Astronom
Schwarz, Hermann Amandus (1843-1921): Mathematiker
Stumpf, Carl (1848-1936): Philosoph
Warburg, Emil (1846-1931): Physiker

in Heidelberg:

Koenigsberger, Leo (1837-1921): Mathematiker
Quincke, Georg Hermann (1834-1924): Physiker
Valentiner, Karl Wilhelm (1845-1931): Astronom
Wolf, Max (1863-1932): Astronom

in Innsbruck:

Blaas, Josef (1851-1936): Geologe
Cathrein, Alois (1853-1936): Mineraloge
Heinricher, Emil (1856-1934): Botaniker

3.4 Erste astronomische Veröffentlichungen als Student

Bereits als Student veröffentlichte Wegener im Jahr 1904 seine erste wissenschaftliche astronomische Arbeit, die aus zwei zusammengehörigen Teilen besteht:

(a) Wegener (1904a): „Bahnelemente des Kleinen Planeten (511) [1903 LU]“, erschienen 1904 im Berliner Astronomischen Jahrbuch für das Jahr 1906, Seite 438/439. Siehe Fig. 16.

(b) A. Wegener (1904b): „Ephemeride des Planeten (511) [1903 LU]“, erschienen in der Zeitschrift „Astronomische Nachrichten“, Band 165, Seite 365. Siehe Fig. 17.

BAHNELEMENTE DER										KLEINEN PLANETEN					
438										439					
Nr. und Name	Opposition 1904	Gr.	m_s	g	Epoche und Oskulation	Mittl. Äqu.	M	ω		Ω	i	q	μ	Log. a	Autorität
481 [1902 HP]	Juli 14	12.0	11.6	8.2	1902 Febr. 12.5	1902.0	61° 33' 53.6	347° 47' 25.1		66° 52' 32.5	9° 51' 54.9	8° 51' 17.8	780.362	0.438474	Osten.
482 Petrina	Okt. 7	12.1	12.0	8.1	1902 März 7.0	1902.0	278° 19' 42.9	84° 20' 12.2		180° 15' 13.1	14° 23' 47.7	5° 41' 9.2	681.9667	0.477496	P. V. Neugebauer.
483 Seppina	Juli 30	12.2	12.5	7.9	1902 April 30.5	1902.0	229° 13' 7.9	136° 58' 49.5		175° 37' 21.5	18° 39' 32.3	2° 57' 13.3	559.620	0.534742	Pustsch.
484 Pittsburghia	Dez. 20	13.3	12.9	9.7	1902 April 29.5	1902.0	269° 18' 37.0	187° 45' 59.8		127° 24' 52.4	12° 29' 50.6	3° 19' 52.8	813.229	0.426529	Berberich.
485 [1902 HZ]	Nov. 4	10.9	11.4	8.0	1902 Juni 9.5	1902.0	122° 46' 30.6	264° 49' 50.3		195° 11' 22.9	13° 21' 7.8	7° 59' 1.7	787.980	0.435660	Bauschinger.
486 [1902 JB]	—	—	13.5	11.0	1902 Mai 28.5	1902.0	16° 33' 54.5	125° 7' 38.2		94° 5' 3.3	11° 6' 47.9	9° 20' 22.6	977.329	0.373311	Berberich.
487 Venetia	—	—	11.8	8.6	1902 Aug. 4.5	1902.0	280° 8' 51.1	278° 3' 44.5		115° 2' 14.5	10° 15' 25.1	4° 53' 56.4	813.1842	0.426545	Millosevich.
488 Krensa	—	—	—	—	1902 Juni 11.5	1902.0	73° 38' 29.0	69° 56' 51.0		87° 20' 58.1	11° 20' 20.0	6° 41' 22.3	636.246	0.497588	Berberich.
489 [1902 JM]	—	—	—	—	1902 Sept. 2.5	1902.0	139° 29' 9.0	28° 29' 50.6		167° 30' 24.8	13° 25' 1.3	3° 47' 16.7	634.671	0.498305	Berberich.
490 [1902 JP]	—	—	—	—	1902 Sept. 3.5	1902.0	354° 34' 31.9	180° 27' 13.3		179° 6' 19.1	9° 21' 24.4	4° 48' 25.1	626.633	0.501996	Münch.
491 Carina	—	—	—	—	1902 Sept. 25.5	1902.0	324° 6' 17.1	225° 2' 45.5		175° 54' 38.2	18° 56' 48.1	3° 42' 55.3	620.5529	0.504821	Lassen.
492 [1902 JR]	—	—	—	—	1902 Sept. 4.0	1902.0	12° 56' 28.0	287° 25' 17.9		47° 8' 20.9	1° 39' 30.8	10° 34' 19.0	649.105	0.491795	Hessen.
493 Griedis	—	—	—	—	1902 Sept. 7.5	1902.0	329° 46' 50.6	38° 26' 35.1		358° 34' 34.8	15° 25' 38.2	9° 17' 51.5	641.417	0.495244	Berberich.
494 [1902 JV]	—	—	—	—	1902 Nov. 27.5	1902.0	143° 9' 5.4	209° 59' 47.9		38° 56' 58.8	7° 10' 5.4	3° 47' 1.1	688.103	0.474902	P. V. Neugebauer.
495 [1902 KG]	—	—	—	—	1902 Nov. 21.5	1902.0	20° 56' 40.0	200° 0' 56.3		186° 20' 56.3	2° 14' 16.8	8° 28' 23.6	910.120	0.393938	P. V. Neugebauer.
496 [1902 KH]	—	—	—	—	1902 Nov. 21.5	1902.0	331° 47' 44.7	240° 35' 0.6		206° 38' 0.0	3° 37' 9.8	4° 15' 29.6	1103.453	0.338168	Berberich.
497 [1902 KV]	—	—	—	—	1902 Nov. 4.5	1902.0	20° 53' 34.8	358° 54' 7.4		6° 55' 7.2	4° 53' 42.3	17° 25' 44.2	740.971	0.453470	Berberich.
498 [1902 KU]	—	—	—	—	1902 Dez. 31.0	1902.0	67° 38' 39.8	237° 59' 40.2		98° 7' 53.1	9° 29' 44.2	12° 26' 2.4	827.686	0.421322	P. V. Neugebauer.
499 [1902 KX]	—	—	—	—	1903 Jan. 31.5	1903.0	9° 23' 52.0	195° 52' 59.2		250° 37' 57.1	2° 0' 25.6	13° 34' 32.1	457.644	0.592999	Berberich.
500 [1903 LA]	—	—	—	—	1903 März 4.5	1903.0	99° 39' 4.6	71° 48' 35.7		290° 23' 2.8	9° 47' 14.2	8° 8' 23.0	840.020	0.417144	Berberich.
501 [1903 LB]	—	—	—	—	1903 Febr. 0.5	1903.0	126° 52' 43.9	343° 52' 29.7		357° 35' 37.4	20° 55' 36.8	8° 0' 29.9	631.927	0.499560	Berberich.
502 [1903 LC]	—	—	—	—	1903 Jan. 30.5	1903.0	326° 19' 44.0	17° 18' 47.1		132° 37' 50.6	25° 3' 37.6	10° 20' 51.3	963.929	0.377308	Osten.
503 Evelyn	—	—	—	—	1903 März 17.5	1903.0	24° 7' 13.7	39° 41' 52.0		69° 15' 51.5	5° 3' 14.3	10° 8' 7.0	787.917	0.435684	Berberich.
504 [1902 LE]	—	—	—	—	1902 Juni 30.5	1902.0	318° 31' 12	244° 4' 24		105° 15' 0	12° 58' 54	12° 30' 30	789.11	0.43525	Osten.
505 [1902 LI]	—	—	—	—	1902 Aug. 21.5	1902.0	286° 31' 54	318° 45' 36		89° 58' 0	9° 34' 0	17° 37' 48	697.11	0.47113	Osten.
506 [1903 LN]	—	—	—	—	1903 Febr. 20.5	1903.0	46° 27' 14.1	144° 59' 28.3		313° 30' 56.7	16° 53' 15.8	8° 19' 48.2	669.497	0.483289	Berberich.
507 Landica	—	—	—	—	1903 Febr. 24.5	1903.0	104° 44' 50.4	94° 34' 14.4		295° 7' 55.5	9° 33' 24.9	5° 47' 47.4	632.696	0.499208	Bauschinger.
508 [1903 LQ]	—	—	—	—	1903 April 25.5	1903.0	4° 34' 0.9	161° 33' 43.6		45° 14' 58.5	13° 24' 0.0	0° 40' 50.2	631.586	0.499716	Berberich.
509 [1903 LR]	—	—	—	—	1903 Mai 28.5	1903.0	133° 25' 2.7	216° 17' 14.4		218° 50' 54.4	19° 26' 24.6	13° 30' 30.0	664.797	0.484918	Berberich.
510 [1903 LT]	—	—	—	—	1903 Juli 18.5	1903.0	337° 43' 3.1	88° 50' 12.9		203° 17' 0.0	9° 29' 0.8	11° 51' 18.2	831.384	0.420136	Berberich.
511 [1903 LU]	—	—	9.6	5.4	1903 Aug. 15.5	1903.0	182° 38' 38.9	329° 14' 8.3		108° 47' 11.2	15° 49' 28.6	11° 6' 49.0	631.096	0.499941	Wegener.
512 [1903 LV]	—	—	—	—	1903 Juli 16.5	1903.0	310° 15' 34.2	246° 48' 53.4		107° 3' 54.8	8° 40' 1.5	14° 23' 28.7	1107.602	0.337032	Berberich.
1894 BU	—	—	13.3	11.3	1894 Nov. 1.5	1900.0	337° 18' 8.4	356° 39' 18.9		72° 35' 44.3	3° 27' 48.4	8° 33' 50.4	1104.735	0.337832	Berberich.

Fig. 16. Veröffentlichung der ersten astronomischen Arbeit von Wegener. Erschienen 1904 im Berliner Astronomischen Jahrbuch (BAJ) für das Jahr 1906. Das BAJ war eine laufende Publikation des Astronomischen Rechen-Instituts. Wegeners Bestimmung der Bahnelemente des Kleinen Planeten (511) [1903 LU] steht in der drittletzten Zeile jeder der beiden Seiten 438 und 439. Wegener wird in der letzten Spalte von Seite 439 unter „Autorität“ als Bahnberechner genannt. Ein großer Teil der dort aufgeführten Bahnberechnungen wurden von ständigen Mitarbeitern des Astronomischen Rechen-Instituts ausgeführt: Bauschinger, Berberich, P. V. Neugebauer.

Beide Arbeiten von Wegener betreffen den Kleinen Planeten mit der Nummer (511) und der vorläufigen Bezeichnung [1903 LU]. Dieser Kleine Planet wurde am 30. Mai 1903 auf der Heidelberger Sternwarte photographisch entdeckt. Entdecker war der Amerikaner Raymond Smith Dugan (1878-1940), der von 1902 bis 1905 an der Heidelberger Sternwarte arbeitete und 1905 bei Max Wolf promovierte. Der Kleine Planet (511) erhielt später den Namen „Davida“ zu Ehren des amerikanischen Astronomie-Professors David P. Todd (1855-1939). Der Kleine Planet Davida gehört zu den massiveren unter den Kleinen Planeten und hat einen Durchmesser von ca. 270 km.

In seiner ersten Arbeit hat Wegener (1904a) die Bahn des Kleinen Planeten (511) bestimmt. Dazu dienten ihm die Beobachtungen verschiedener Sternwarten zwischen dem 30. Mai und dem 15. August 1903. Die Bahnbestimmung aus einem solch kurzen Bahnbogen ist noch relativ unsicher. In Tabelle 1 vergleichen wir die von Wegener im Jahre 1904 errechneten Bahnelemente mit modernen Werten, die man im Internet in der „JPL Small-Body Database“ unter „Davida“ findet. Für diese moderne Bahnbestimmung von Davida hat das JPL über 2500 Beobachtungen im Zeitraum von Juni 1903 bis heute (2017) verwendet. Die Übereinstimmung ist so gut, wie man sie von einer ersten, noch provisorischen Bahnbestimmung (wie die von Wegener) erwarten kann.

Tabelle 1
Vergleich einiger der von Wegener (1904a) abgeleiteten Bahnelemente
des Kleinen Planeten (511) [1903 LU] Davida mit modernen Werten

Bahnelement	Wegener (original)	Wegener (umgerechnet)	Modern
Umlaufperiode U	mittlerer Bewegung $\mu = 631.096''/\text{d}$	2053.57 Tage (5.62237 Jahre)	2054.862190 d (5.625906064 a)
Gr. Halbachse a	$\log(a)$: 0.499941	3.16185 AE	3.163172304 AU
Exzentrizität e	$\varphi = \arcsin(e)$: 11° 06' 49.0"	0.193119	0.18813855
Bahnneigung i	15° 49' 28.6"	15°.8246	15°.940038
Perihellänge ω	329° 14' 08.3"	329°.2356	337°.59267

Wegeners zweite Arbeit (1904b) benutzt die von ihm bestimmten Bahnelemente zur Vorausberechnung der Position von (511) Davida. In dieser kurzen Zeitschriften-Veröffentlichung (ca. 1/3 Seite) gibt Wegener eine Ephemeride für (511) im Zeitraum vom 10. Juli 1904 bis zum 19. August 1904 in Intervallen von zwei Tagen. Neben den äquatorialen Koordinaten α und δ werden zusätzlich die Logarithmen der Abstände des Kleinen Planeten von der Sonne (r) und von der Erde (Δ) aufgelistet (r und Δ gemessen in Astronomischen Einheiten).

Ephemeride des Planeten (511) [1903 LU].									
Die nachfolgende Ephemeride ist für 12 ^h M. Z. Berlin aus den Elementen im B. J. 1906 berechnet.									
1904	α app.	δ app.	$\log r$	$\log \Delta$	1904	α app.	δ app.	$\log r$	$\log \Delta$
Juli 10	20 ^h 39 ^m 42 ^s	−23° 21′ 2″	0.5488	0.4083	Juli 30	20 ^h 24 ^m 32 ^s	−25° 22.2′	0.5455	0.3985
12	38 20	23 33.6			Aug. 1	22 56	25 33.4		
14	36 56	23 46.0	0.5482	0.4048	3	21 20	25 44.3	0.5448	0.3989
16	35 28	23 58.4			5	19 46	25 55.0		
18	33 58	24 10.7	0.5475	0.4020	7	18 12	26 5.4	0.5442	0.4002
20	32 27	24 23.0			9	16 40	26 15.4		
22	30 54	24 35.1	0.5469	0.4000	11	15 10	26 25.0	0.5434	0.4022
24	29 19	24 47.1			13	13 42	26 34.2		
26	27 44	24 59.0	0.5462	0.3989	15	12 16	26 43.1	0.5427	0.4049
♂ 28	26 8	25 10.7			17	10 54	26 51.6		
30	20 24 32	−25 22.2	0.5455	0.3985	19	20 9 34	−26 59.6	0.5420	0.4084
Gr 10.1 Variation RA. $\pm 1^m$ Dekl. ± 0.7 . Präz. bis 1855.0 −2 ^m 55 ^s 9.8.									
Berlin-Halensee, 1904 Juni.					A. Wegener				

Fig. 17. Veröffentlichung des zweiten Teils der ersten astronomischen Arbeit von Wegener. Erschienen 1904 in der Zeitschrift *Astronomische Nachrichten*, Band 165, Seite 365.

Bei Wegeners Ephemeride handelt es sich um eine sogenannte Oppositions-Ephemeride. In der Opposition stehen sich an der Himmelssphäre die Sonne und der Himmelskörper gegenüber (d.h. ihre ekliptischen Längen l unterscheiden sich um 180°), und die Erde steht im Raume zwischen beiden, ungefähr auf der Verbindungslinie von der Sonne zum Himmelskörper. Daher ist der Kleine Planet in Opposition am hellsten, weil sein Abstand zur Erde (Δ) dann (nahezu) am kleinsten ist. Außerdem ist der Himmelskörper bei Opposition (nahezu) voll beleuchtet und zeigt keine „Phase“. Der Kleine Planet kulminiert bei Opposition auch um Mitternacht¹² und ist daher in diesen Tagen am besten zu beobachten. Die Opposition von (511) sollte damals um den 27. Juli 1904 eintreten, wie das hantelartige Oppositionszeichen in Wegeners Tabelle vor diesem Datum zeigt. Aufgrund der früheren Beobachtungen und seiner Ephemeride (für r und Δ) schätzt Wegener die scheinbare Helligkeit („Gr.“, d.h. Größe) des Kleinen Planeten auf 10.1^m.

¹²Daher ist die von Wegener in seiner Veröffentlichung gewählte Uhrzeit von 12^h M. Z. (Mittlere Zeit) sinnvoll. Sie ist (damalige) astronomische Zeit und entspricht 24^h bürgerlicher Zeit, also Mitternacht des angegebenen Tages.

Hauptziel einer solchen Ephemeride war es, Beobachtern das Wiederauffinden des Kleinen Planeten zu ermöglichen. Im Jahre 1903 war der Kleine Planet nur an wenigen Tagen beobachtet worden. Entsprechend unsicher waren noch seine vorläufigen Bahnelemente (siehe Tabelle 1). W. Luther (Sternwarte Düsseldorf) berichtet, daß seine Beobachtungen von (511) im Juli 1904 Abweichungen von der Ephemeride von -33^s in α und von $-1.1'$ in δ zeigen. Wegeners Ephemeride war also recht gut.

Wegener hat die Berechnung der Bahnelemente und der Oppositions-Ephemeride für den Kleinen Planeten (511) vermutlich als eine Art Übungsaufgabe im Rahmen seiner Teilnahme am Seminar von Bauschinger im Frühjahr 1904 ausgeführt. Es war durchaus üblich, daß Seminarteilnehmer Übungsaufgaben erhielten, deren Ergebnisse auch für das Astronomische Rechen-Institut nützlich waren¹³. Die Arbeit an dieser Übungsaufgabe hat sich für Wegener wohl zeitlich teilweise mit der Arbeit an seiner Dissertation überschritten (siehe Kapitel 7.5).

Als Anschrift gibt Wegener in seiner Zeitschriften-Arbeit aber nicht das Astronomische Rechen-Institut an, sondern seine Privatanschrift: Berlin-Halensee. Er wohnte damals dort bei seinen Eltern in der Georg-Wilhelmstraße 20. Allerdings war Halensee 1904 formal noch nicht in Berlin eingemeindet, sondern ein Ortsteil des Dorfes (Deutsch-)Wilmsdorf. Es war aber üblich, diese Vororte von Berlin in der Anschrift als faktisch zu Berlin gehörig auszugeben.

¹³Die Berliner Universität hatte bereits 1877 besorgt auf die Gefahr hingewiesen, daß die Seminarteilnehmer womöglich „in einer knechtischen ... Weise ... zu ... rechnerischen Fronarbeiten in dem eigentlichen Recheninstitute herangezogen werden“ könnten (siehe Kapitel 2.2 von R. und U. Wielen (2011c))

4 Wegeners Plan einer Doktorarbeit aus zwei Teilen

Am 9. Juli 1904 meldete sich Alfred Wegener beim Dekan der Philosophischen Fakultät der Berliner Friedrich-Wilhelms-Universität zur Promotionsprüfung an. Wir werden diese Anmeldung in Kapitel 8.1.1 näher beschreiben. Hier interessiert uns zunächst nur der erste Satz. Wegener schreibt dort: „Euer Spectabilität erlaube ich mir unter Ueberreichung meiner Dissertation über 1. „Die Alfonsinischen Tafeln“ und 2. „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons X“ sowie meiner Personalpapiere die Bitte auszusprechen, meine Meldung zum Doktorexamen gefälligst anzunehmen.“.

Der Dekan der Fakultät (damals Max Planck) hat diese Anmeldung noch am selben Tag in der „Meldung zur Promotionsprüfung“ (siehe auch Kapitel 8.1.2 akzeptiert und die weiteren Schritte eingeleitet. Die Reihenfolge der beiden Teile ist nun aber umgekehrt:

„Die Dissertation, betitelt:
Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons’ X.
Die Alfonsinischen Tafeln“.

Ferner fehlt die Numerierung der Teile (1. und 2.). Wer diese Änderungen vorgenommen hat, ist unklar. Vermutlich war es Planck als Dekan. Eventuell wollte Planck damit vorschlagen, die „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons’ X.“ als die umfassende Ausführung Wegeners zu werten und „Die Alfonsinischen Tafeln“ quasi als Unterkapitel oder als Anhang zu den umfassenderen „Untersuchungen ...“ zu betrachten. Dies war nur möglich, wenn man die Reihenfolge der Titel änderte und auf die Numerierung verzichtete.

Wir finden es sehr ungewöhnlich, daß ein Doktorand eine Dissertation einreicht, die aus zwei separaten Teilen besteht. Dem Autor R.W. ist ein solcher Fall in seiner fast fünfzigjährigen Hochschullehrer-Tätigkeit noch nie begegnet. Zwar gibt es heute sogenannte „kumulative“ Dissertationen, bei denen der Doktorand mehrere bereits im Druck erschienene Arbeiten als Ersatz für eine eigenständige Doktorarbeit einreichen kann. Dann fordert aber z.B. die Heidelberger Fakultät für Physik und Astronomie, daß die „Dissertation die Forschungsleistung des Promovenden durch eine aussagekräftige Einleitung und Zusammenfassung in ihren wissenschaftlichen Zusammenhang stellen“ muß. Die Dissertation trägt dann auch nur einen einzigen „Ober“-Titel.

Ob es in der Zeit um 1904 an der Berliner Universität möglich war, zwei relativ unabhängige Arbeiten gemeinsam als eine Dissertation einzureichen, wissen wir nicht. Wenn überhaupt, muß es sich um seltene Einzelfälle gehandelt haben. Man könnte einwenden, daß der Dekan ja die Einreichung einer Dissertation in zwei Teilen in der „Meldung“ akzeptiert habe. Vielleicht war Planck aber selbst unsicher über diese Möglichkeit und verschob die Entschei-

dung darüber auf die Gutachter. In der Tat hat dann der erste Referent, Julius Bauschinger, in seinem Gutachten vom 27. Oktober 1904 (siehe Kapitel 8.2.1) vorgeschlagen, nur den Teil über die Alfonsinischen Tafeln als Dissertation zu betrachten. Der andere Teil (die „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons X.“) solle in einer Zeitschrift veröffentlicht werden (und damit nicht Teil der Dissertation sein). Der zweite Gutachter, Wilhelm Foerster, hat sich dem Antrag von Bauschinger am 9. November 1904 voll angeschlossen. Im Laufe des Novembers 1904 haben sich auch die restlichen Professoren der Fakultät schriftlich im Umlaufverfahren einverstanden erklärt. In der gedruckten Dissertation und auf der Promotionsurkunde vom 4. März 1905 ist dann auch folgerichtig als Titel der Dissertation nur „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“ genannt. Dabei ist der Titel gegenüber Wegeners Antrag allerdings um den Zusatz „für den Gebrauch eines modernen Rechners“ erweitert worden.

Wegeners Plan, mit zwei separaten Arbeiten als einer Dissertation zu promovieren, war also nicht erfolgreich. Wie konnte es aber überhaupt zu diesem Antrag Wegeners kommen, der wohl von Anfang an zum Scheitern verurteilt war? Wegener war offensichtlich auf beide seiner Arbeiten stolz und wollte sie gerne in einer Dissertation zusammen gedruckt sehen. Bei Bauschinger vermuten wir, daß er eindeutig die Umrechnung der Alfonsinischen Tafeln für die weitaus wichtigere Arbeit hielt, zumal er dieses Projekt wohl initiiert hatte (siehe Kapitel 5.2 und 7.1). Dagegen stand Foerster wahrscheinlich beiden Arbeiten sehr positiv gegenüber. Aber bei einer eventuell notwendigen Entscheidung zwischen beiden Arbeiten muß auch Foerster erkannt haben, daß die Umrechnung der Alfonsinischen Tafeln für eine Doktorarbeit in Astronomie den weitaus „fachbezogeneren“ Eindruck hervorrufen würde. Völlig unklar bleibt, warum Wegener seinen Plan nicht vor seiner offiziellen Anmeldung bei der Fakultät mit Bauschinger und Foerster abgestimmt hat. Lag das an einem Mangel an Kommunikation zwischen Wegener und seinen Betreuern oder an einer gewissen Resistenz Wegeners gegenüber deren Ratschlägen?

Im Folgenden werden wir unter Wegeners Dissertation immer nur die Umrechnung der Alfonsinischen Tafeln verstehen (Wegener 1905a). Seinen Artikel über die astronomischen Werke von Alfons X. (Wegener (1905b)) bezeichnen wir meist als „nachfolgende Zeitschriften-Veröffentlichung“. Da wir die handschriftlichen Versionen der beiden Teile, die Wegener bei seiner Anmeldung der Fakultät übergeben hat, aber nicht kennen¹⁴, wissen wir nicht, wie stark die handschriftlichen Versionen von 1904 von den später gedruckten Werken (Wegener (1905a, 1905b)) abweichen. Bei der Dissertation sind die Abweichungen aber schon aus formalen Gründen sicher gering.

¹⁴Die handschriftlichen Versionen der bei der Antragstellung am 9. Juli 1904 eingereichten Teile sind offenbar nicht überliefert

5 Zum Betreuer und zur Auswahl des Themas
von Wegeners Dissertation

Die
Alfonsinischen Tafeln
für
den Gebrauch eines modernen Rechners.

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
GENEHMIGT
VON DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER
FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT
ZU BERLIN.

Von
Alfred Wegener
aus Berlin.

Tag der Promotion: 4. März 1905.

Fig. 18. Titelseite der Dissertation von Wegener (1905a, S. 1).
Quelle: Exemplar der Universitätsbibliothek Heidelberg.

5.1 Betreuer von Wegeners Dissertation

In seiner Dissertation (Wegener 1905a) gibt Wegener leider nicht explizit an, wer genau seine Doktorarbeit betreut hat. Wir gehen davon aus, daß Julius Bauschinger der Hauptbetreuer und „Doktorvater“ von Wegener gewesen ist.

Auf der Rückseite des Titelblatts der Dissertation von Wegener (Fig. 19) sind nur die beiden Referenten seiner Doktorarbeit aufgeführt: „Prof. Dr. Bauschinger. Prof. Dr. Förster“.

Referenten:

Prof. Dr. Bauschinger.

Prof. Dr. Förster.

Fig. 19. Rückseite der Titelseite der Dissertation von Wegener (1905a, S. 2).

Eine Anmeldung als Doktorand bei der Universität war beim Beginn der Doktorarbeit damals (im Gegensatz zu heute) nicht vorgesehen. Daher wurde zu diesem Zeitpunkt auch kein Betreuer formal festgelegt, obwohl natürlich in der Regel einer der Professoren der Fakultät die Rolle des Doktorvaters übernahm. Die offizielle Anmeldung des Doktoranden zur Promotion erfolgte erst nach Fertigstellung der Doktorarbeit, denn dem Gesuch auf Zulassung zur Promotion mußte die Dissertation (meist noch in handschriftlicher Form) bereits beigelegt werden (siehe § 5 der „Promotionsordnung für die Philosophische Fakultät der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin“ vom 24. August 1903, abgedruckt im Zentralblatt für die gesamte Unterrichtsverwaltung in Preußen, Jahrgang 1904, Seite 294-299).

Nach § 7 der Promotionsordnung wird die „geschriebene Dissertation ... von dem Dekan zwei ordentlichen Professoren der Fakultät zum Referat überwiesen“. Eine Reihung als erster bzw. zweiter Gutachter war zwar nicht explizit vorgesehen, ist aber de facto aus der Reihenfolge der Namen der Referenten auf der Dissertation zu entnehmen. Danach war Bauschinger der Hauptreferent und Foerster der zweite Referent. Man kann also daraus mit höchster Wahrscheinlichkeit schließen, daß Bauschinger auch der Hauptbetreuer der Doktorarbeit von Wegener war.

Daß die Angabe der Referenten auf Wegeners Dissertation nicht etwa eine alphabetische Reihenfolge war, zeigt die Dissertation des Astronomen Wilhelm Münch (1879-1969) aus demselben Jahr 1905 (Fig. 20 und 21). Dort ist die Reihenfolge der Namen der Referenten gerade umgekehrt: „Prof. Dr. Foerster. Prof. Dr. Bauschinger.“. Im Text seiner Doktorarbeit weist Münch ausdrücklich

darauf hin, daß seine Arbeit von Foerster „veranlaßt“ wurde. Auch hier stimmen also der erstgenannte Referent mit dem Betreuer der Arbeit überein. Wir gehen daher davon aus, daß dies damals an der Berliner Fakultät so üblich war.

**Zur Bestimmung
der absoluten oder kosmischen Bewegung
unseres Planetensystems**

durch vervollständigte Aberrationsmessungen.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

GENEHMIGT

VON DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN.

Von

Wilhelm Münch

aus Metz.

Tag der Promotion: 5. August 1905.

Fig. 20. Titelseite der Dissertation von Münch (1905).
Quelle: Exemplar im Privatbesitz der Autoren.

Referenten:

Professor Dr. Foerster.

Professor Dr. Bauschinger.

Fig. 21. Rückseite der Titelseite der Dissertation von Münch (1905).

Die im folgenden Kapitel 5.2 angeführten Sachargumente bestätigen vollauf den Schluß, daß Bauschinger der Hauptbetreuer von Wegeners Doktorarbeit war. Das Ausmaß der Beteiligung von Foerster an der Betreuung Wegeners bleibt leider unklar. Wir können daher wohl mit Recht Bauschinger als den Doktorvater von Wegener betrachten.

5.1.1 Julius Bauschinger

Julius Bauschinger war von 1896 bis 1909 Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts in Berlin und zugleich Ordentlicher Professor der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin.

Geboren wurde Bauschinger am 26. Januar 1860 in Fürth bei Nürnberg. Ab 1879 studierte er Astronomie in München und Berlin. Im Dezember 1882 nahm er an der deutschen Expedition nach Hartford, Connecticut (USA) zur Beobachtung des Venus-Durchgangs teil.

1883/84 promovierte Bauschinger an der Universität München bei Hugo (von) Seeliger (1849-1924). Seine Dissertation trug den Titel „Untersuchungen über die Bewegung des Planeten Merkur“. In dieser Arbeit bestätigt er das von Leverrier empirisch gefundene und von Newcomb und Hill verifizierte Zusatzglied von +43 Bogensekunden pro Jahrhundert zur zeitlichen Änderung der Perihellänge des Merkur, das mit der Newtonschen Gravitationstheorie nicht erklärt werden kann. Diese „zusätzliche“ Periheldrehung des Merkur konnte erst 1915 durch die Allgemeine Relativitätstheorie von Albert Einstein gedeutet werden und war die erste empirische Bestätigung dieser Theorie.

Seit 1883 war Bauschinger Assistent an der Münchner Sternwarte, ab 1886 Observator. 1888 habilitierte er sich an der Universität München mit der Schrift „Über die Biegung von Meridianfernrohren“.



Fig. 22. Julius Bauschinger (1860-1934) im Alter von ca. 40 Jahren.
Quelle: Charlier und Engström: Porträtgalerie der Astronomischen Gesellschaft (1904).

1896 wurde Bauschinger zum Ordentlichen Professor für Theoretische Astronomie der Berliner Universität und zum Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts in Berlin berufen. In Berlin beschäftigte er sich neben der Leitung des Instituts, der Herausgabe des Berliner Astronomischen Jahrbuchs (BAJ) und seiner Lehrtätigkeit an der Universität vor allem mit der Berechnung der Bahnen von Kleinen Planeten und Kometen. Hier entstand auch die erste Auflage (Bauschinger (1906)) seines bekanntesten Werkes, des Lehrbuchs über „Die Bahnbestimmung der Himmelskörper“ (Die zweite Auflage des Buches erschien 1928)¹⁵.

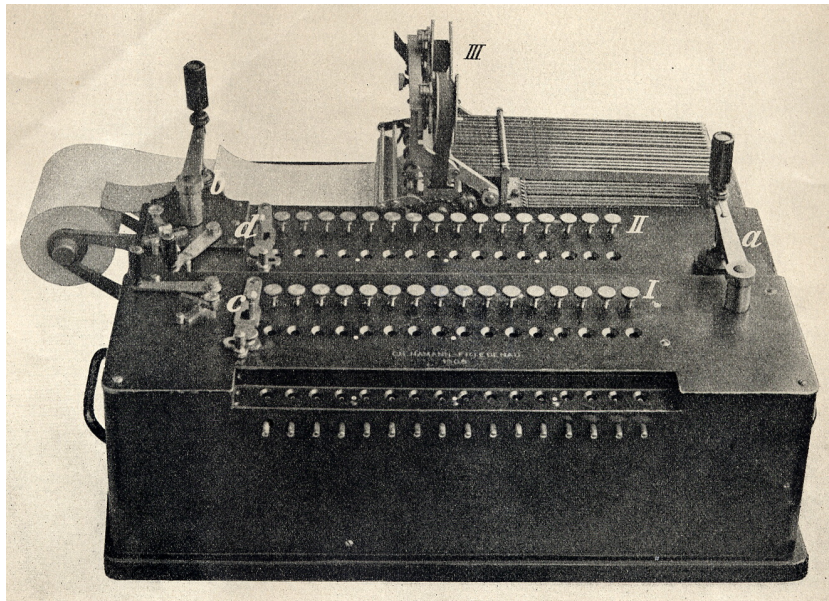


Fig. 23. Differenzenmaschine von Hamann für das Astronomische Rechen-Institut.
Quelle: Bauschinger und Peters (1910).

Ferner hat Bauschinger, zusammen mit seinem Mitarbeiter Jean Peters, ein Tafelwerk mit Logarithmen herausgegeben (Bauschinger und Peters 1910, 1911). Das Werk war nicht nur von wissenschaftlichem Wert, sondern besitzt auch technik-geschichtliche Bedeutung. Denn zur Herstellung der Tabellen wurde eine mechanische Rechenmaschine eingesetzt, die nur in einem Exemplar speziell für diese Aufgabe gebaut wurde. Die sogenannte „Differenzenmaschine“ (Fig. 23) wurde nach Vorgaben von Bauschinger und Peters durch den Rechenmaschinen-Konstrukteur Christel Hamann in Berlin-Friedenau konstruiert. Die Rechenmaschine konnte 16-stellige Funktionswerte durch Interpolation mit Hilfe von ersten und zweiten Differenzen berechnen und die Werte der Funktion in Schreibmaschinenschrift ausdrucken. Die Maschine wurde 1909 ge-

¹⁵Einer der Autoren (R.W.) hat das Werk bereits als Schüler intensiv für seine 1956 fertiggestellte Jahresarbeit über die Bahnbestimmung des visuellen Doppelsterns ADS 9031 benutzt und sehr zu schätzen gelernt

liefert und im Rechen-Institut mit Erfolg eingesetzt. Das Vorwort zum ersten Band der Tafeln (Bauschinger und Peters 1910) enthält eine Beschreibung des Geräts (siehe auch Weiss (2006)).

Da die Differenzenmaschine von den Akademien der Wissenschaften in Berlin und Wien finanziert wurde, gehörte sie zunächst Bauschinger als „Drittmittlempfänger“. Im Mai 1911 wurde sie von Bauschinger, der unterdessen Direktor der Universitätssternwarte in Straßburg geworden war, dem Astronomischen Rechen-Institut „geschenkweise“ übereignet. Über ihren späteren Verbleib kennen wir keine archivalischen Belege. Nach Angaben in der Literatur wurde sie dem Institut während des Ersten Weltkrieges gestohlen.

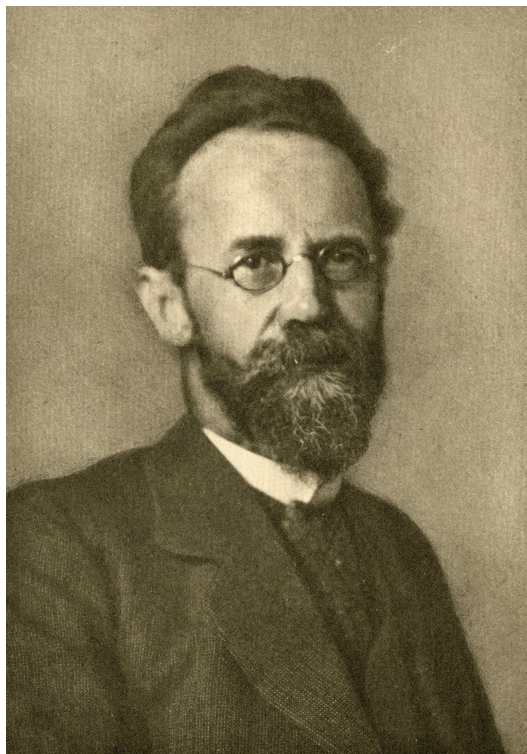


Fig. 24. Julius Bauschinger (1860-1934) in höherem Alter.
Quelle: Stracke (1934).

Von 1909-1918 war Bauschinger Ordentlicher Professor für Astronomie und Direktor der Sternwarte in Straßburg. Nach dem Ende des Ersten Weltkriegs wurde er im Januar 1919 aus Straßburg ausgewiesen. Ab 1920 bis zu seinem Tode bekleidete er dann die Ordentliche Professur für Astronomie an der Universität Leipzig und leitete dort die Universitätssternwarte. Von 1920-1930 war er Rendant der Astronomischen Gesellschaft.

Bauschinger starb am 21. Januar 1934 in Leipzig. Nachrufe auf Bauschinger stammen u.a. von Stracke (1934, 1935) und von Hopmann (1934). Siehe auch Kapitel 8.2 von R. und U. Wielen (2011c).

5.1.2 Wilhelm Foerster

Wilhelm Foerster war von 1863 (zunächst interimistisch, ab 1865 definitiv) bis 1904 Direktor der Berliner Sternwarte.

Foerster wurde am 16. Dezember 1832 in Grünberg in Schlesien geboren. Ab 1850 studierte er Mathematik, Physik, Kunstgeschichte und Astronomie in Berlin und wechselte 1852 nach Bonn. 1854 promovierte er an der Bonner Universität mit einer Arbeit über „De altitudine poli Bonnensi (Über die Polhöhe der Bonner Sternwarte)“ bei Friedrich Argelander (1799-1875).

1855 wurde Foerster Zweiter Assistent an der Berliner Sternwarte, die unter der Leitung von Johann Franz Encke (1791-1865) stand, und 1860 Erster Assistent. Da Encke schwer erkrankte, wurde Foerster 1863 zum Direktor der Berliner Sternwarte ernannt. Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin wurde er jedoch nicht. Dies hatte die völlige ressortmäßige Ablösung der Berliner Sternwarte von der Akademie zur Folge.

Foerster übernahm mit der Leitung der Sternwarte auch die Herausgabe des Berliner Astronomischen Jahrbuchs (ab dem Jahrgang für 1868). Nach wenigen Jahren aber gründete er das Rechen-Institut zur Herausgabe des Berliner Astronomischen Jahrbuchs (siehe Kapitel 5.1.3). Dieses blieb von 1874 bis 1896 zunächst noch eine Abteilung der Sternwarte, wurde aber 1896/97 als Königliches Astronomisches Rechen-Institut völlig selbständig.

Foerster entwickelte neben seiner wissenschaftlichen Arbeit vielseitige organisatorische und volksbildende Aktivitäten. Als Beispiele nennen wir: Er wirkte bei der Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam mit. Er war fast 16 Jahre lang Direktor der Normal-Eichungs-Kommission (NEK) des Deutschen Reichs, und er war 1888/89 einer der Gründer der „Urania“ (Zur NEK und zur Urania siehe Kapitel 7.4.2). Auch auf internationaler Ebene war er intensiv tätig, u.a. für die Internationale Meterkonvention und den Internationalen Breitendienst.

An der Berliner Universität war Foerster über 60 Jahre lang in der Lehre tätig. Bereits 1858 hatte er sich dort habilitiert. 1863 wurde er zum Außerordentlichen Professor und 1871 zum Ordentlichen Professor ernannt.

Im Frühjahr 1903 erbat Foerster seine Entlassung als Direktor der Sternwarte. Seine Amtszeit als Direktor der Sternwarte endete aber erst am 1. April 1904. Sein Nachfolger wurde am 1. Oktober 1904 Hermann Struve (1864-1920). Seit 1903 wohnte Foerster nicht mehr in der Dienstwohnung auf der Sternwarte am Encke-Platz, sondern in einer Miet-Wohnung in Westend, Ahornallee 40 (nahe dem Reichskanzler-Platz, dem heutigen Theodor-Heuss-Platz). Westend war damals ein Ortsteil der Stadt Charlottenburg, die erst 1920 in Groß-Berlin eingemeindet wurde.



Fig. 25. Wilhelm Foerster (1832-1921).
Quelle: Guthnick (1924).

Die Familie Wegener (einschließlich Alfred Wegener) wohnte seit dem Frühjahr 1904 in Halensee, Georg-Wilhelmstraße 20 (etwas nördlich vom Kurfürstendamm gelegen). Halensee war ein Ortsteil von (Deutsch-)Wilmersdorf. Dieses Dorf erhielt 1906 Stadtrecht, wurde 1907 ein selbständiger Stadtkreis und 1920 auch in Groß-Berlin eingemeindet.

Als Wegener seine Doktorarbeit anfertigte, wohnten er und Foerster also nur ca. 1.5 km Luftlinie voneinander entfernt. Wir wissen allerdings nicht, wie gut die Verkehrsverbindungen zwischen den beiden Orten waren. Wegener kannte die Gegend, in der Foerster nun wohnte, sehr gut. Er war von 1901 bis 1902 während seiner Militärdienstzeit als „Einjährig-Freiwilliger“ in der Kaserne des Königin-Elisabeth-Grenadier-Regiments No. 3 in Westend (zwischen Königin-Elisabeth-Straße, Soorstraße und Haeselerstraße) stationiert. Diese Kaserne lag nur wenige hundert Meter von der Ahornallee entfernt.

Ob Wegener Foerster in seiner Privat-Wohnung besucht hat, um mit ihm über seine Arbeiten zu diskutieren, ist uns nicht bekannt. Wir halten es trotz der relativen Nähe für eher unwahrscheinlich. Im Jahr 1904 konnten Gespräche zwischen Wegener und Foerster (und natürlich von Wegener mit Bauschinger, eventuell sogar zu Dritt) am zwanglosesten in den Räumen des Astronomischen Rechen-Instituts und des angeschlossenen Seminars stattfinden.

Foerster starb am 18. Januar 1921 in Bornim in der Mark (heute ein Stadtteil von Potsdam). Er hat 1911 eine Selbstbiographie verfaßt. Nachrufe auf Foerster stammen u.a. von Bauschinger (1921) und Guthnick (1924). Siehe auch Kapitel 8.14 von R. und U. Wielen (2011c).

5.1.3 Das Astronomische Rechen-Institut

Die Betreuung des Doktoranden Wegener durch Bauschinger erfolgte gewiß in Form von persönlichen Gesprächen im Astronomischen Rechen-Institut in der Lindenstraße 91. Denn dort arbeitete und wohnte Bauschinger als Direktor des Instituts von 1896 bis 1909. Im Gebäude des Königlichen Astronomischen Rechen-Instituts (Fig. 28 bis 31) befand sich auch das „Seminar zur Ausbildung von Studi[e]renden im wissenschaftlichen Rechnen an der Königlichen Universität“, an dessen Übungen Wegener seit dem Winter-Semester 1902/03 regelmäßig teilnahm. Es ist daher sicher gerechtfertigt, Alfred Wegener auch als Doktoranden des Astronomischen Rechen-Instituts zu bezeichnen. Daß er später einmal der berühmteste Doktorand des Instituts sein würde, war damals allerdings noch nicht vorhersehbar.

Das Astronomische Rechen-Institut (ARI) hat eine lange und bewegte Geschichte¹⁶.

Das Institut hat seinen Ursprung im Kalenderpatent vom 10. Mai 1700. Mit diesem Edikt führte der Brandenburgische Kurfürst Friedrich III.¹⁷ in seinen protestantischen Landen einen neuen Kalender ein, der aber weitgehend dem Gregorianischen Kalender entsprach. Gleichzeitig gründete er die Berliner Sternwarte. Die Astronomen der Sternwarte waren für die Berechnung des neuen Kalenders zuständig. Noch heute erarbeitet und veröffentlicht das Astronomische Rechen-Institut jährlich das Werk „Astronomische Grundlagen für den Kalender“ in Deutschland.

Bereits am 18. Mai 1700 wurde Gottfried Kirch¹⁸ zum ersten „astronomo ordinario“ in Berlin ernannt. Das Gebäude der Sternwarte (Fig. 26) war 1709 weitgehend fertiggestellt und wurde im Januar 1711 durch Friedrich I. eingeweiht.

Ab 1774 erschien neben dem Kalender das (Berliner) Astronomische Jahrbuch (BAJ). Das Jahrbuch enthielt vor allem Ephemeriden (d.h. Vorausberechnungen der Positionen von Sonne, Mond, Planeten und ausgewählten Fixsternen), die z.T. als Grundlage für die Berechnung des Kalenders (insbesondere der Auf- und Untergangszeiten von Sonne und Mond) dienten. Das BAJ erschien von 1774 bis 1957 in 184 Jahrgängen (für 1776 bis 1959).

¹⁶Wir haben die Geschichte des ARI in einer größeren Anzahl von Veröffentlichungen (siehe Literaturverzeichnis unter R. und U. Wielen und Wielen et al.) ausführlich geschildert und dokumentiert. Bei der hier folgenden Zusammenfassung der Geschichte des ARI benutzen wir Passagen und Abbildungen aus unseren vorangegangenen Büchern.

¹⁷Friedrich III. (1657-1713). Kurfürst von Brandenburg seit 1688. Als Friedrich I. seit 18. Januar 1701 König in Preußen.

¹⁸Gottfried Kirch (1639-1710). Siehe z.B. Kapitel 4 von Wielen R. und Wielen U. (2011a).

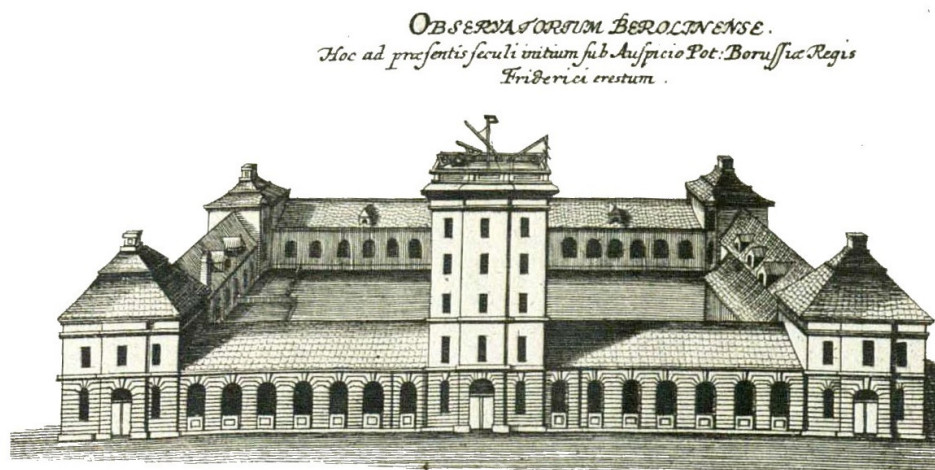


Fig. 26. Abbildung des fünf Stockwerke hohen, quadratischen Turms der Königlichen Sternwarte zu Berlin, feierlich eingeweiht am 19. Januar 1711. Ansicht von Norden her (von der heutigen Dorotheenstraße aus). In diesem Gebäude befand sich die Sternwarte von der Inbetriebnahme des Turmes 1709 an bis 1835. Der Turm war Teil des Königlichen Marstalls mit seinen vier Eckpavillons. 1903 wurden Turm und Marstall abgerissen. Wegener hat diese Gebäude aber mit Sicherheit noch aus seiner Jugendzeit und seinen ersten Semestern als Student gekannt. Quelle der Abbildung: Johann Gabriel Doppelmayr (1742): „Atlas Coelestis“. Das Bild befindet sich rechts unten auf dem Kartenblatt „Hemisphaerium Coeli Australe“.

Von 1772 bis 1825, also über 50 Jahre lang, wirkte Johann Elert Bode¹⁹ an der Berliner Sternwarte, seit 1787 als ihr Direktor.

Im Jahr 1825 wurde Johann Franz Encke²⁰ zum Direktor der Berliner Sternwarte berufen. Er bemühte sich erfolgreich um einen Neubau für die Sternwarte (Fig. 27) und wurde dabei besonders durch Alexander von Humboldt unterstützt. In Enckes Amtszeit fällt als spektakulärstes Ereignis die Entdeckung des Planeten Neptun²¹ am Abend des 23. September 1846 in Berlin durch Galle²² aufgrund der theoretischen Voraussage des französischen Astronomen Le Verrier²³.

¹⁹Johann Elert Bode (1747-1826). Siehe z.B. Wielen R. und Wielen U. (2010a) und Kapitel 4 von Wielen R. und Wielen U. (2011a).

²⁰Johann Franz Encke (1791-1865). Siehe z.B. Kapitel 4 von Wielen R. und Wielen U. (2011a).

²¹Siehe z.B. Kapitel 6.21 von Wielen R. und Wielen U. (2011a)

²²Johann Gottfried Galle (1812-1910)

²³Urbain Le Verrier (1811-1877)

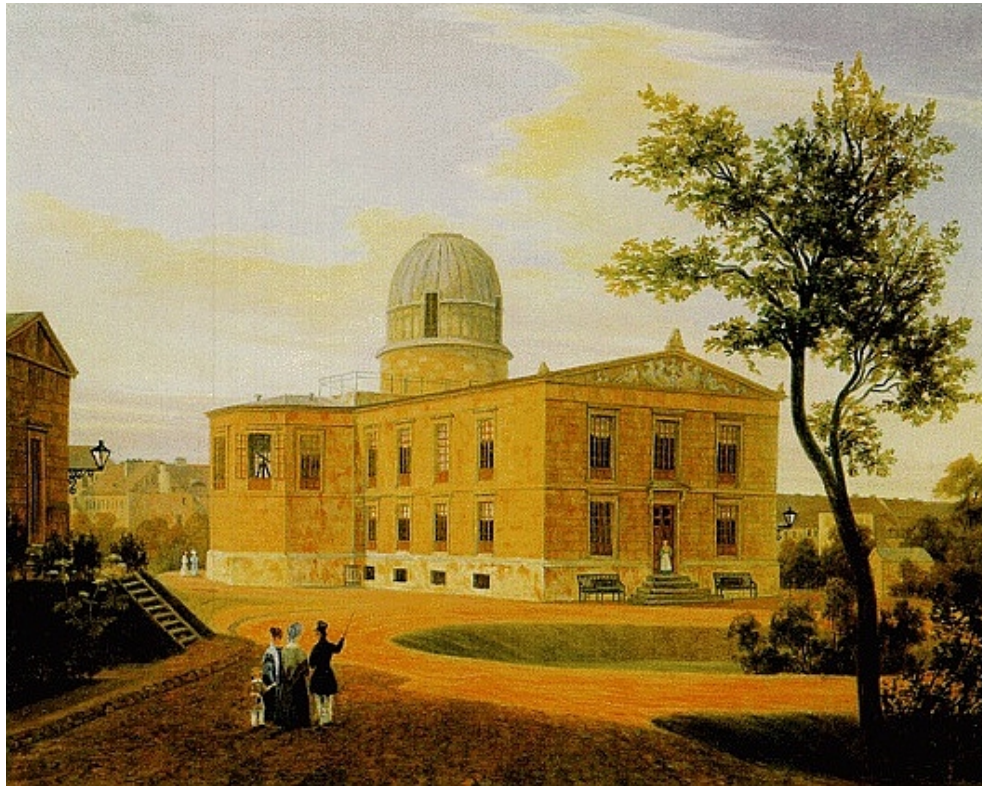


Fig. 27. Die neue Berliner Sternwarte im heutigen Ortsteil Kreuzberg (siehe auch Fig. 29 bis 31). Erbaut 1832-1835 von Carl Friedrich Schinkel. Ölgemälde von Carl Daniel Freydanck aus dem Jahre 1838. Man erblickt die Sternwarte aus der Richtung des Durchgangs zur Lindenstraße. Dort an der Lindenstraße wurde später das Gebäude des Astronomischen Rechen-Instituts errichtet (siehe Lageplan in Fig. 30 und 31). In der Kuppel befand sich der neunzöllige Refraktor von Fraunhofer. Mit diesem Instrument wurde 1846 der Planet Neptun entdeckt. Das Gebäude am linken Bildrand ist das Haus des Castellans der Sternwarte. Der Direktor wohnte mit seiner Familie in der Sternwarte. Das Grundstück wurde 1910 an die Handelsgesellschaft Heinrich Jordan verkauft. Alle genannten Gebäude wurden 1913 abgerissen. (siehe auch Kapitel 3.1 von Wielen R. und Wielen U. (2011c)). Wegener hat sie aber zur Zeit seines Studiums noch erlebt und sich häufig dort aufgehalten.

Als Nachfolger von Encke wurde Wilhelm Foerster²⁴ 1863 zunächst interimistisch, dann ab 1865 dauerhaft zum Direktor der Berliner Sternwarte ernannt. Durch die Entdeckung von immer mehr Kleinen Planeten im 19. Jahrhundert und der für sie notwendigen, zusätzlichen Ephemeriden erhöhte sich der Rechen- und Personal-Aufwand für das Berliner Astronomische Jahrbuch (BAJ) immer stärker. Der überwiegende Teil der Mitarbeiter mußte für das BAJ eingesetzt werden. Dadurch litten die restlichen, beobachterisch ausgerichteten Arbeiten der Sternwarte.

²⁴Wilhelm Foerster (1832-1921). Siehe Kapitel 5.1.2 .

Foerster schlug daher 1872 dem Preußischen Kultusministerium die Bildung eines speziellen „Rechen-Instituts zur Herausgabe des Berliner Astronomischen Jahrbuches“ vor. Sein Antrag hatte Erfolg und das Rechen-Institut wurde 1874 aus dem bisherigen Verbund mit der Sternwarte ausgegliedert (Foerster (1875)). Es blieb zunächst formal noch eine Abteilung der Sternwarte, war aber schon weitgehend unabhängig. Das Institut bezog 1878 einen großzügigen Neubau auf dem Gelände der Sternwarte (siehe Fig. 28 bis 31). An das Rechen-Institut angeschlossen war das „Seminar zur Ausbildung von Studirenden im wissenschaftlichen Rechnen“, das seit 1879 mit der Berliner Universität verbunden war.

Leiter des Rechen-Instituts wurde 1874 Friedrich Tietjen²⁵. Seine Amtsbezeichnung lautete „Dirigent des Rechen-Instituts der Sternwarte“. 1887 wurde Tietjen zusätzlich zum ordentlichen Professor der Berliner Universität ernannt. Zusammen mit Foerster leitete er auch das angeschlossene Seminar für wissenschaftliches Rechnen.

Nach dem Tode von Tietjen wurde 1896 Julius Bauschinger²⁶ zum ordentlichen Professor für theoretische und rechnerische Astronomie der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin berufen und übernahm gleichzeitig die Leitung des Rechen-Instituts.

Unter Bauschinger wurde das Rechen-Institut 1896/97 völlig selbständig. Es erhielt den Namen „Königliches Astronomisches Rechen-Institut zu Berlin“. Der Leiter des Instituts führte nun auch die Amtsbezeichnung „Direktor“. 1909 folgte Bauschinger einem Ruf als ordentlicher Professor und Direktor der Sternwarte der Kaiser-Wilhelms-Universität nach Straßburg und verließ Berlin.

Zu Bauschingers Nachfolger in Berlin wurde Fritz Cohn²⁷ berufen. Während Cohns Dienstzeit als Institutsdirektor zog das Institut 1912 von seinem alten Standort in der Lindenstraße nach Dahlem in die Altensteinstraße 40 um. Dort war in den Jahren 1911/12 ein Neubau für das Astronomische Rechen-Institut errichtet worden. Cohn verstarb Ende 1922.

Im Juli 1924 wurde August Kopff²⁸ auf die ordentliche Professur für Theoretische Astronomie der Berliner Universität berufen und zum Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts in Berlin-Dahlem ernannt. Anfang 1933 lehnte Kopff den Ruf auf die ordentliche Professur für Astronomie der Universität

²⁵Friedrich Tietjen (1834-1895). Siehe z.B. Kapitel 8.53 von Wielen R. und Wielen U. (2011c).

²⁶Julius Bauschinger (1860-1934). Siehe Kapitel 5.1.1.

²⁷Fritz Cohn (1866-1922). Siehe z.B. Kapitel 8.9 von Wielen R. und Wielen U. (2011c).

²⁸August Kopff (1882-1960). Siehe z.B. Wielen R. und Wielen U. (2013); Kapitel 8.26 von Wielen R. und Wielen U. (2011c); Kapitel 11.11 von Wielen R. und Wielen U. (2012a).

Heidelberg und die damit verbundene Stelle des Direktors der Heidelberger Sternwarte ab, die durch den Tod von Max Wolf (1863-1932) vakant geworden war.



Fig. 28. Das Gebäude des Astronomischen Rechen-Instituts in Berlin-Kreuzberg an der Lindenstraße. Die Photographie stammt vermutlich aus der Zeit um 1910. Das Aussehen des Gebäudes, das eher wie ein Mietshaus wirkt, war aber vermutlich dasselbe wie zur Zeit von Wegeners Studium und Promotion. Quelle: Die Bild-Vorlage wurde dem Astronomischen Rechen-Institut freundlicherweise von Herrn Prof. Dr. Klaus Junge zur Verfügung gestellt.

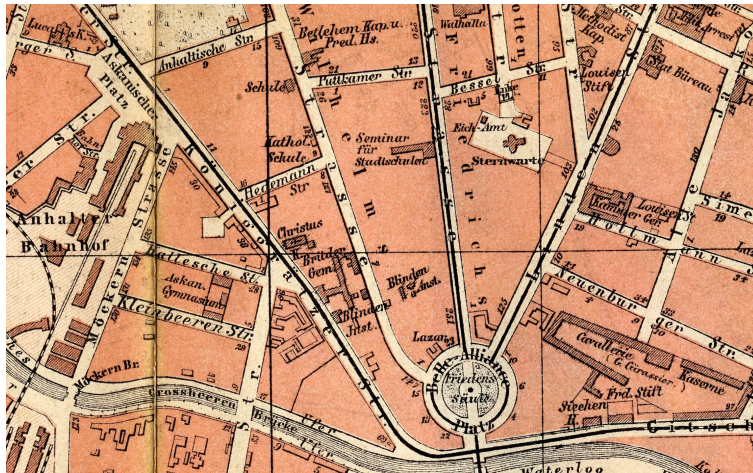


Fig. 29. Ausschnitt aus einem Berliner Stadtplan, der die Lage der Berliner Sternwarte und des Astronomischen Rechen-Instituts um 1878 im heutigen Ortsteil Kreuzberg zeigt. Zur Orientierung: Norden ist oben. Der große, runde Belle-Alliance-Platz unten entspricht heute dem Mehring-Platz am Halleschen Tor. Die Lindenstraße ging damals von diesem Platz ab. Ganz links der Anhalter Bahnhof. Die Sternwarte ist etwas oberhalb und rechts von der Bildmitte gut zu erkennen. Das Gebäude des Astronomischen Rechen-Instituts lag direkt über dem ältesten, schmalen Zugang zur Sternwarte von der Lindenstraße 103 aus. Quelle: Dieser Plan ist dem Reiseführer „Baedekers Berlin und Potsdam“ von 1878 beigelegt. Der Plan trägt keine Jahreszahl und ist eventuell älter. Daher ist das Institut wohl noch nicht eingezeichnet.

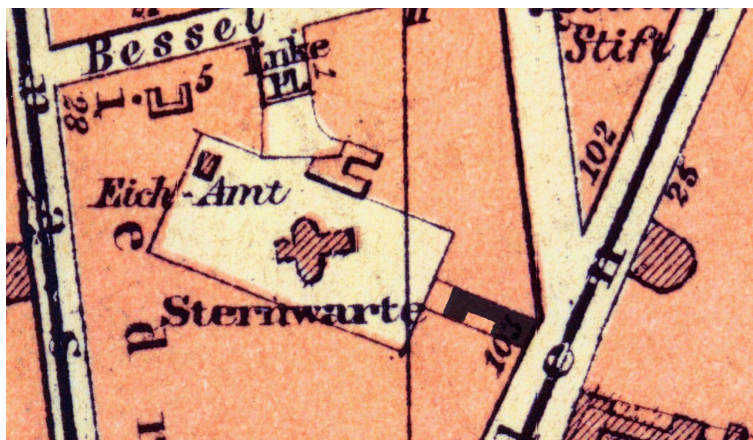


Fig. 30. Vergrößerter Ausschnitt aus Fig. 29, der die Lage der Berliner Sternwarte und des Astronomischen Rechen-Instituts (von uns nachträglich schwarz eingezeichnet) zeigt.

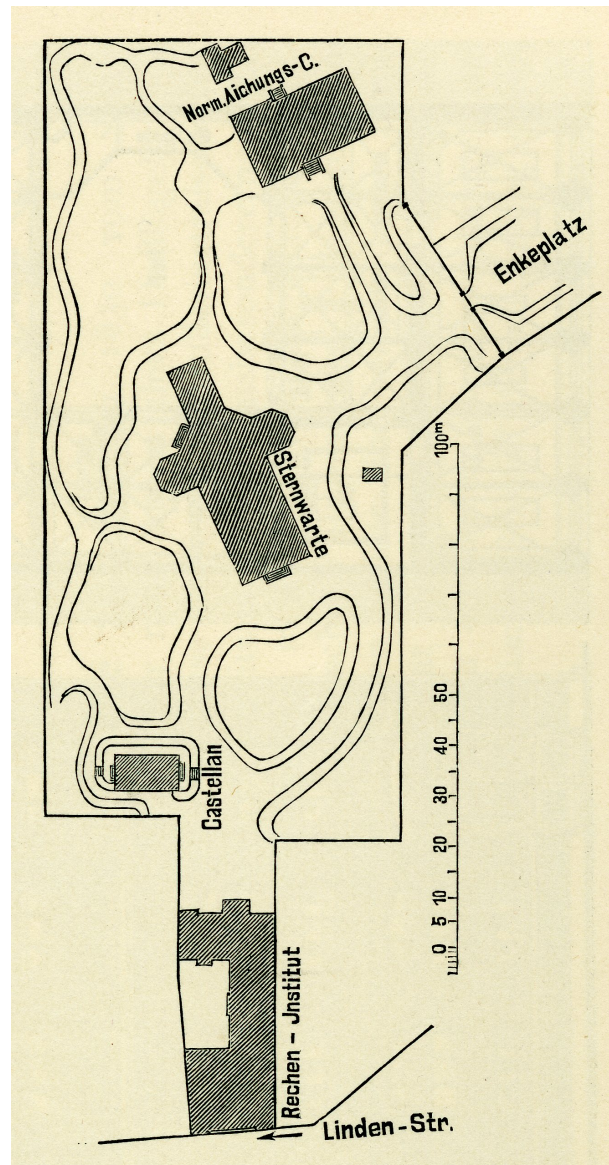


Fig. 31. Lageplan des Astronomischen Rechen-Instituts (im Bild unten) an der Lindenstraße mit der Sternwarte (Bild-Mitte) am Enckeplatz in Berlin-Kreuzberg. Nordwesten ist oben. Quelle der Abbildung: Architekten-Verein usw. (1896, Abb. 259, S. 262).

Im Januar 1939 erhielt das Astronomische Rechen-Institut den Beinamen „Coppernicus-Institut“. Dieser wurde seit 1943 „Kopernikus-Institut“ geschrieben. Nach Ende des Zweiten Weltkriegs entfiel der Beiname wieder.

Im Mai 1944 wurde das Institut der deutschen Kriegsmarine unterstellt und erhielt den Namen „Astronomisches Recheninstitut der Kriegsmarine“. Der Grund für die Kriegswichtigkeit des Instituts war der, daß viele der astronomi-

schen Daten (Ephemeriden), die im Berliner Astronomischen Jahrbuch gegeben wurden, für Navigationszwecke benötigt wurden. Denn sowohl die zum Teil weltweit operierenden Schiffe der Kriegsmarine als auch die Fernaufklärer der Luftwaffe bestimmten damals ihre Positionen mit Hilfe von Sonne, Mond oder hellen Fixsternen. Das Institut war aber natürlich deswegen keinesfalls militärisch geprägt. Wie wenig die Astronomen weltweit den militärischen Aspekt ihrer Arbeit verinnerlichten, zeigt die Tatsache, daß der Austausch der als kriegswichtig eingestuften Daten zwischen den feindlichen Ländern (Deutschland, England, USA) während des ganzen Zweiten Weltkriegs über das neutrale Schweden weiterging (siehe R. und U. Wielen (2016a,b)).

Wegen der ständig zunehmenden Bombengefahr in Berlin wurde das Institut Ende Juli/Anfang August 1944 in das Dorf Sermuth in Sachsen verlagert. Sermuth liegt an der Mulde, in der Nähe der damaligen Kreishauptstadt Grimma, ungefähr zwischen Leipzig und Dresden. Das Institut setzte dort seine Arbeit relativ ungestört bis Kriegsende fort.

Mitte April 1945 besetzten zunächst amerikanische Truppen den westlichen Teil von Sermuth, wo sich das Institut und die Mehrzahl seiner Mitarbeiter befanden. Die Amerikaner mußten dieses Gebiet aber spätestens bis Juli 1945 den Sowjets (im Austausch gegen die Westsektoren von Berlin) übergeben. Um das Institut nicht den Sowjets in die Hände fallen zu lassen, ordnete die amerikanische Militärregierung die Umsiedlung des Instituts von Sermuth nach Heidelberg an²⁹. Der Treck des Instituts startete am 20. Juni 1945 in Sermuth und erreichte nach einem mehrtägigen Zwischenaufenthalt in Würzburg am 30. Juni 1945 Heidelberg.

Einige Mitarbeiter des Instituts, die zufällig im östlichen Teil von Sermuth wohnten, der bereits zur Sowjetischen Besatzungszone (SBZ) gehörte, konnten sich dem Umzug nach Heidelberg nicht anschließen. Sie gründeten in der SBZ den „östlichen Teil“ des Astronomischen Rechen-Instituts (ARI-B-Ost). Das ARI-B-Ost hatte formal seinen Sitz in Berlin (Ost), befand sich räumlich aber ab 1946 in einem Gebäude der Sternwarte Babelsberg bei Potsdam. Im Juni 1956 wurde das ARI-B-Ost aufgelöst und in die Sternwarte Babelsberg (als theoretische Abteilung) eingegliedert.

In Heidelberg nahm das Astronomische Rechen-Institut ab Juli 1945 seine Arbeit wieder auf, trotz aller widrigen Umstände. Zwar hatte das Institut den Hauptteil seiner Mitarbeiter erhalten können. Es fehlte aber zunächst völlig an Arbeitsräumen und einer soliden Finanzierung. Kopff als Institutsdirektor leistete hier bewundernswerte Wiederaufbauarbeit. Dabei kamen ihm seine langjährigen, exzellenten Beziehungen zu englischen und amerikanischen Sternwarten (insbesondere dem Royal Observatory in Greenwich und dem

²⁹Basis war ein allgemeiner alliierter Geheimbefehl. Bekanntestes Beispiel für diese Aktionen ist die Umsiedlung von Teilen der Firma Carl Zeiss von Jena nach Württemberg.

U.S. Naval Observatory in Washington) zu Gute. Kopff erreichte daher bereits 1945 die auch formale Zulassung der Wiederaufnahme der Arbeit des Instituts durch die zuständige Militärbehörde der amerikanischen Besatzungszone. Er erreichte auch, daß das ARI als Landesinstitut zwar selbständig blieb, aber eine enge Verbindung, vor allem in administrativer Hinsicht, mit der Universität Heidelberg einging.

Im März 1947 wurde Kopff zum ordentlichen Professor für Astronomie der Universität Heidelberg und zum Direktor der Landessternwarte auf dem Königstuhl berufen, blieb aber zugleich Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts (bis 1954).

Nachfolgende Direktoren des ARI waren bzw. sind: Walter Fricke, Direktor von 1954/55 bis 1985, Roland Wielen, Direktor von 1985 bis 2004, und Joachim Wambsganß, Direktor seit 2004. Im Jahr 2007 wurde eine weitere Direktorenstelle geschaffen und Eva Grebel zur Direktorin am ARI ernannt.

Ab 1957 konnte das ARI eigene Gebäude in Heidelberg-Neuenheim, Mönchhofstraße 12-14 beziehen.

Am 1. Januar 2005 wurde das Institut in die Universität Heidelberg eingegliedert. Es bildet jetzt zusammen mit dem Institut für Theoretische Astrophysik und der ebenfalls in die Universität eingegliederten Landessternwarte das „Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg (ZAH)“.

5.2 Zur Auswahl des Themas von Wegeners Dissertation

Das gewählte Thema der Dissertation von Wegener (1905a), „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“, betraf keine (damals) aktuelle Fragestellung der astronomischen Forschung, wie es für eine Doktorarbeit eigentlich üblich war. Es handelt sich eher um ein astronomie-historisches Thema. Allerdings gab es seit 1901 einen aktuellen Anlaß für die Bearbeitung dieser Aufgabe, wie wir in Kapitel 5.2.2 darlegen.

5.2.1 Astronomie-historische Dissertationen

Damals (und auch heute) war (und ist) die Wahl eines astronomie-historischen Themas für eine Doktorarbeit im Fach Astronomie ungewöhnlich. Wir kennen nur wenige Fälle. Dabei stellten die Berliner Universität (mit Wilhelm Foerster und Julius Bauschinger) und später die Straßburger Universität (mit dem aus Berlin gekommenen Bauschinger) eine gewisse Ausnahme dar. In Berlin gab es (bis 1920) folgende astronomie-historische Dissertationen im Fach Astronomie³⁰:

1847: Franz Woepcke: *Disquisitiones archaeologico-mathematicae circa solaria veterum* (Archäologisch-mathematische Untersuchungen über antike Sonnenuhren). Referenten: Johann Franz Encke, Ernst Heinrich Toelken.

1878: Paul Kempf: *Untersuchungen über die Ptolemäische Theorie der Mondbewegung*. Referent: Foerster.

1904: Max Jacobi: *Das Universum und seine Gesetze in den Lehren des Kardinals Nikolaus von Cusa. Ein Beitrag zur Geschichte der Naturphilosophie und Kosmologie in der Frührenaissance*. Referenten: Foerster, Bauschinger.

1905: Alfred Wegener: *Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners*. Referenten: Bauschinger, Foerster.

An der Straßburger Universität folgte:

1916/17: Carl Schumacher; *Untersuchungen über die ptolemäische Theorie der unteren Planeten (Merkur und Venus)*. Referent: Bauschinger.

Wilhelm Foerster war seit langem an der Geschichte der Astronomie interessiert. Seine erste Vorlesung als Privat-Dozent hielt er im Sommer-Semester 1858 und zwar genau zu diesem Thema. Während seiner Zeit als Hochschullehrer an der Berliner Universität las er in 46 Semestern über diesen Gegenstand (Hamel und Tiemann (1988)), zum Teil als Überblick, zum Teil zu speziellen Aspekten.

³⁰Die Dissertation von Abraham Hoffmann (1903: *Die Lehre von der Bildung des Universums bei Descartes in ihrer geschichtlichen Bedeutung*. Referenten: Wilhelm Dilthey, Carl Stumpf) hatte zwar auch einen astronomie-historischen Bezug, erfolgte aber nicht im Fach Astronomie

Auch Julius Bauschinger hatte offensichtlich astronomie-historische Interessen. So hielt er nach seiner Berufung an die Berliner Universität 1896 in den Winter-Semestern 1897/98, 1900/01 und 1903/04 eine Vorlesung mit dem Titel „Mechanik des Himmels, ältere Theorien“.

Bauschinger hat als Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts die Beschaffung von zahlreichen historischen Astronomie-Büchern für die Bibliothek des Instituts angeregt (oder zumindest erlaubt), die für die Erledigung der laufenden Arbeits- und Forschungsaufgaben des Instituts nicht unbedingt erforderlich waren (Einige davon sind in Kapitel 4.2.4 („Alte Bücher“) von Wielen et al. (2014a) aufgeführt).

Am bemerkenswertesten ist die Anschaffung des wertvollen Werkes „Tabulae Rudolphinae“ von Johannes Kepler von 1627. Das Buch trägt die Inventar-Nummer 2 der Institutsbibliothek und wurde zwischen 1897 und Mai 1898 inventarisiert. Es wurde nicht aus der Bibliothek der Berliner Sternwarte übernommen. Vermutlich hat es Bauschinger direkt nach seiner Ernennung zum Direktor 1896/97 für das Institut erworben, vielleicht mit Hilfe einer Art von Berufungsmitteln. Die Rudolphinischen Tafeln erlauben die Berechnung der Ephemeriden von Sonne, Mond und Planeten nach der Keplerschen Theorie für jeden Zeitpunkt. Sie ersetzen also insbesondere auch die mittelalterlichen Alfonsinischen Tafeln, die noch weitgehend auf der Ptolemäischen Theorie (mit der Erde als Mittelpunkt) beruhen. Vor den Rudolphinischen Tafeln gab es zwar schon Tafeln, die auf der Kopernikanischen Theorie (mit der Sonne als Mittelpunkt) beruhten, z.B. die „Preußischen Tafeln (Prutenicae tabulae coelestium motuum)“ von Erasmus Reinhold (1511-1553), erschienen in mehreren Auflagen ab 1551 bis 1585. Ephemeriden, die auf den Preußischen Tafeln basierten, waren aber oft nicht viel genauer als solche, die mit Hilfe der Alfonsinischen Tafeln berechnet werden konnten, und sie waren deutlich ungenauer als die später aus den Rudolphinischen Tafeln ermittelten.

In der Berliner Sternwarte gab es zur Studienzeit von Wegener neben Foerster keine Mitarbeiter mit erkennbaren astronomie-historischen Interessen. Dagegen arbeiteten und publizierten zwei Mitarbeiter des Astronomischen Rechen-Instituts auf diesem Gebiet:

(1) F. K. Ginzel³¹ (1850-1926) war seit 1886 am Rechen-Institut tätig. Vorher hatte er in Wien an Oppolzers umfassendem Werk „Kanon der Finsternisse“ mitgearbeitet. In Berlin verfaßte er zahlreiche Publikationen zur Chronologie. Am bekanntesten ist sein dreibändiges „Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie“, erschienen 1906-1914.

³¹Kurzlebenslauf von Friedrich Karl Ginzel in R. und U. Wielen (2011c, Kapitel 8.16, S. 219)

(2) P. V. Neugebauer³² (1878-1940) war seit 1901 Mitarbeiter des Instituts. Sein spezielles Interesse galt ebenfalls der Berechnung von antiken Sonnen- und Mond-Finsternissen. Er veröffentlichte als Resultat seiner historischen Arbeiten u.a. Tafeln zur Chronologie und 1929 das zweibändige Werk „Astronomische Chronologie“. Im Jahre 1904 arbeitet Neugebauer (1904, 1905a) an zwei Tafelwerken, die die genäherte Berechnung der Positionen von Sonne, Mond und der Planeten aufgrund moderner Daten ermöglichte. Inwieweit Neugebauers Arbeiten auf Anregungen von Bauschinger zurückgingen, wissen wir nicht, halten es aber für wahrscheinlich (siehe Kapitel 5.2.2). In seiner Einleitung zu den ersten Tafeln schreibt Neugebauer (1904a): „In den letzten Jahren haben sich, namentlich auch im Rechen-Institut, die Fälle bedeutend vermehrt, in welchen von seiten der Historiker und Chronologen genäherte Örter der Sonne und der großen Planeten in weit zurückliegenden Zeiten von den astronomischen Rechnern gewünscht wurden.“.

Ginzel und Neugebauer hätten Wegener neben Bauschinger und Foerster also durchaus als interessierte und wohl auch kompetente Gesprächspartner dienen können. Sie werden aber beide in seiner (allerdings sehr kurzen) Dankagung in seinem der Dissertation beigefügten Lebenslauf (Wegener 1905a, S. 64) nicht erwähnt.

5.2.2 Die Datierung des neu entdeckten „Astronomischen Kalenders“ auf das Jahr 1448

Aus unserer Sicht hatte Bauschinger ein sehr konkretes Motiv für eine eingehende Beschäftigung mit den Alfonsinischen Tafeln. Es steht in Zusammenhang mit der von ihm im Jahre 1901 vorgenommenen astronomischen Datierung des neu entdeckten sogenannten „Astronomischen Kalenders“ auf das Jahr 1448.

Der Bibliothekar und Gutenberg-Forscher Gottfried Zedler (1860-1945) hatte 1901 zwei Fragmente eines unbekannten deutschen Kalenderdrucks entdeckt (Zedler 1901, 1902; zu Details siehe unser Kapitel 17). Ein Kalenderjahr nennen die Fragmente nicht. Die Drucktypen der Schrift und die Fundumstände wiesen aber bereits auf das 15. Jahrhundert als Entstehungszeitpunkt des Kalenders hin. In den Fragmenten werden für eine Reihe von Tagen im Januar bis April astronomische Daten mit Tag und Uhrzeit gegeben. Es handelt sich um Neu- und Vollmond und um die ekliptischen Längen von Sonne, Mond und den Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Zusätzlich gibt es einen wichtigen indirekten Hinweis auf das Datum von Ostern (durch die Angabe, daß „Pfaffenfastnacht“ auf den 4. Februar fiel).

³²Kurzlebenslauf von Paul Victor Neugebauer in R. und U. Wielen (2011c, Kapitel 8.38, S. 249)

Zur astronomischen Datierung des Inhalts der Fragmente erbat sich Zedler Hilfe von Astronomen (Zedler (1902, S. 4)). Er wandte sich dazu zunächst an Wilhelm Foerster, den Direktor der Berliner Sternwarte. Foerster „übermittelte“ seine Bitte an Julius Bauschinger, den Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts. Dieses Institut war auf die Berechnung von astronomischen Ephemeriden spezialisiert und daher für die Beantwortung der Frage besser geeignet als die Sternwarte.

Bauschinger nahm sich des Problems intensiv an. Bauschingers Resultate (Bauschinger (1902)) teilt Zeidler mit, indem er eine längere Mitteilung von Bauschinger an ihn im Wortlaut in seiner Arbeit (Zeidler (1902, S. 4-6)) wiedergibt. Danach hat Bauschinger das fragliche Kalenderjahr mit Hilfe der angegebenen Mondphasen zunächst grob auf die Mitte des 15. Jahrhunderts eingeschränkt. Er benutzte dazu die „Hülftafeln für Chronologie“ von Schram, die auf den Oppolzerschen Syzygientafeln³³ beruhen.

„Pfaffenfastnacht“ ist der Sonntag („Esto mihi“), der der Fastenzeit vorangeht und genau sieben Wochen (49 Tage) vor Ostersonntag liegt. Da „Pfaffenfastnacht“ im gesuchten Kalenderjahr auf den 4. Februar fiel, ergibt sich als Datum des Ostersonntags entweder der 24. März in einem Schaltjahr oder der 25. März in einem Gemeinjahr. Auf den 24. März in einem Schaltjahr fiel Ostern in den Jahren 1384 und 1448, auf den 25. März in einem Gemeinjahr in den Jahren 1285, 1459 und 1543. In die engere Wahl kommen danach im 15. Jahrhundert nur 1448 und 1459. 1459 scheidet aber aus, weil damals der erste Neumond auf den 4. Januar fiel, während das erste Fragment für diese Mondphase den 6. Januar nennt, wie es für 1448 richtig ist.

Das so erhaltene Kalenderjahr 1448 wurde dann weiter abgesichert, indem die ekliptischen Längen von Sonne, Mond und Planeten für die in den Fragmenten angegebenen Daten aus modernen Theorien der Himmelsmechanik unter der Annahme von 1448 als Kalenderjahr berechnet wurden. Dazu wurden die entsprechenden neuesten Tafeln von Newcomb und Hill benutzt. Die Berechnungen der entsprechenden Ephemeriden für die weit zurückliegenden Zeitpunkte ist relativ aufwendig. Sie wurden größtenteils von einem Mitarbeiter von Bauschinger, Albert Stichtenoth (1866-1927), ausgeführt. Der Observator Stichtenoth war seit 1899 Mitglied des Astronomischen Rechen-Instituts³⁴. Die so erhaltenen ekliptischen Längen der genannten Himmelskörper stimmten meist sehr gut mit den Angaben in den Fragmenten überein (siehe hierzu auch unser Kapitel 17.3). Das Kalenderjahr, für die die Angaben in den Fragmenten gelten, ist also eindeutig das Jahr 1448³⁵.

³³Eine Syzygie bedeutet hier Neu- oder Vollmond

³⁴Kurzlebenslauf von Albert Stichtenoth in R. und U. Wielen (2011c, Kapitel 8.48, S. 267)

³⁵Diese Schlußfolgerung Bauschingers wurde 1902 vom Göttinger Astronomen Leopold Ambromm durch eine Nachrechnung erwartungsgemäß voll bestätigt (siehe Wehmer (1948, S.32))

Bei dem Vergleich der astronomischen Daten ist zu beachten, daß es sich bei den Zahlenwerten in den Fragmenten nicht etwa um Beobachtungswerte, sondern um theoretisch ermittelte Werte (Ephemeriden) handelt. Eine exzellente Übereinstimmung mit Bauschingers Werten ist daher angesichts der im 15. Jahrhundert noch recht ungenauen Theorien der Planetenbewegungen nicht zu erwarten. Es erhebt sich nun die Frage, welche der alten astronomischen Tafeln für die Berechnung der in den Fragmenten angegebenen astronomischen Daten benutzt wurden. Bauschinger (1902, S. 5/6) schreibt dazu: „Die Übereinstimmung der [*meisten Angaben in den Fragmenten*] mit unseren jetzigen Tafeln ist so gut als es die damaligen Hilfsmittel, d.h. zweifellos die Alfonsinischen Tafeln oder damit hergestellte handschriftliche Ephemeriden, erwarten lassen. Ob solche handschriftlichen Ephemeriden irgendwo noch existieren, entzieht sich meiner Kenntnis; Nachforschungen in der Berliner Königlichen Bibliothek haben zu keinem Resultat geführt. Die Ephemeriden von Peurbach und Regiomontanus beginnen erst um 1450.“

Der nächste logische Schritt für Bauschinger wäre es nun gewesen, für die in den Fragmenten genannten Zeitpunkte die dort gegebenen Zahlen mit Ephemeriden zu vergleichen, die mit Hilfe der Alfonsinischen Tafeln zu berechnen sind. Diese Tafeln waren Bauschinger in gedruckter Form relativ leicht zugänglich. Die Berliner Sternwarte selbst besaß die erste Druckausgabe von 1483, und in der Königlichen Bibliothek zu Berlin (später Preußische Staatsbibliothek) gab es zahlreiche weitere Druckausgaben (von 1483 bis 1553; siehe unser Literaturverzeichnis). Allerdings sind die Alfonsinischen Tafeln zum Teil sehr schwer zu handhaben. Ihr lateinischer Text enthält viele spezielle Termini und ist insgesamt nicht sehr benutzerfreundlich. Daher hatten wohl weder Bauschinger noch seine Mitarbeiter Zeit und Lust, sich dieser Aufgabe zu widmen. Hier reifte wahrscheinlich Bauschingers Idee, ein entsprechend begabter Student könnte doch zunächst im Rahmen einer Doktorarbeit die Alfonsinischen Tafeln in eine neue, besser handhabbare Form bringen.

Zunächst fand sich aber offenbar kein Student für diese Aufgabe. In den Jahren 1902 und 1903 gab es überhaupt keine Doktoranden am Astronomischen Rechen-Institut, auch nicht an der Sternwarte. 1904 promovierte dann Max Jacobi bei Foerster und Bauschinger, und zwar mit einem anderen astronomie-historischen Thema (siehe Kapitel 4.2.1).

Erst 1904 gelang es, mit Wegener einen geeigneten Doktoranden für die Bearbeitung der Alfonsinischen Tafeln zu gewinnen. Ob Wegener sich selbst für diese Aufgabe interessiert hat oder ob Bauschinger (und Foerster) ihm dieses Thema nachdrücklich ans Herz legten, konnten wir nicht herausfinden. Auf jeden Fall war Wegener für dieses Projekt besonders geeignet. Nicht nur hatte er sich bei Bauschinger gute Kenntnisse im notwendigen astronomischen Fachwissen (insbesondere über Planetenbahnen und Ephemeridenberechnung) angeeignet und bei Bauschinger und Foerster Vorlesungen über den entsprechenden geschichtlichen Hintergrund gehört. Er hatte auch besonders herausra-

gende und präsente Kenntnisse in Latein, weil sein Vater, Dr. Richard Wegener (1843-1917), ein Spezialist auch für Latein war und sich zusammen mit seinen Söhnen jahrelang zu Hause intensiv mit lateinischer Literatur beschäftigt hat.

Bauschinger (und damit auch Wegener) hat sich zunächst mit Recht auf die Alfonsinischen Tafeln konzentriert. Zedler hielt die von ihm gefundenen Fragmente für Teile eines „Kalenders“, der vor dem betreffenden Kalenderjahr entworfen und gedruckt sein müsse. Bauschinger folgte ihm wohl weitgehend in dieser Vorstellung (Zedler (1902, S. 9)). Dann wäre der Kalender für 1448 im Jahre 1447 (oder noch früher) entworfen und hergestellt³⁶ worden, und es kämen tatsächlich nur die Alfonsinischen Tafeln als Grundlage der astronomischen Ephemeriden-Daten in Frage. Andere Autoren, insbesondere Wehmer (1948) und Stegemann (1948), haben aber darauf hingewiesen, daß es sich bei den Fragmenten eher um (relativ einfach gehaltene) Tafeln für Astrologen handelt. Da Astrologen für die Erstellung von Horoskopen aus der Geburtskonstellation meist gerade Ephemeriden für zurückliegende Jahre benötigen, könnte der Druck der Fragmente auch nach 1448 erfolgt sein. Wehmer und Stegemann datieren den Druck der inhaltlich für das Kalenderjahr 1448 geltenden Fragmente aufgrund der benutzten Drucktypen ungefähr auf das Jahr 1458. Dann würden aber bereits auch andere astronomische Grundlagen (z.B. die Ephemeriden von Regiomontanus und von Peurbach) in Frage kommen. Wir gehen auf dieses Problem später in Kapitel 17 ein.

5.2.3 Die Beschaffung eines Buches zu den Alfonsinischen Tafeln

Bauschinger war es offenbar sehr wichtig, intensivere Untersuchungen zu den Alfonsinischen Tafeln durchführen zu können, entweder durch einen Mitarbeiter, einen Doktoranden oder ihn selbst. Das zeigt sich besonders an der zeitnahen Beschaffung des fünfbandigen Werkes von Rico y Sinobas, erschienen 1863 bis 1867, für die Bibliothek des Astronomischen Rechen-Instituts:

Libros del saber de astronomía del rey D. Alfonso X. de Castilla, copilados, anotados y comentados por Don Manuel Rico y Sinobas. Obra publicada de Real Orden. Tipografía de Eusebio Aguado, Madrid. Tomo (Band) I-V, 208 + 321 + 316 + 183 + 209 Seiten.
(Unsere deutsche Übersetzung des Titels:
„Bücher des Wissens der Astronomie des Königs Alfons X. von Kastilien, zusammengestellt, mit Anmerkungen versehen und kommentiert von Herrn Manuel Rico y Sinobas“).

Das Werk trägt die Inventar-Nummern RI 429.1 bis 429.5 der Institutsbibliothek. Aus dem noch vorhandenen Accessions-Catalog I der Institutsbi-

³⁶Zedler sieht daher in den Fragmenten einen der frühesten Gutenberg-Drucke und in der benutzten Drucktype die älteste Gutenberg-Type

bibliothek kann man den Tag der Inventarisierung zwar nicht genau ermitteln, aber immerhin auf die Zeit von November 1901 bis Mai 1902 eingrenzen (siehe Wielen et al. 2014a, 2014b). Die Inventarisierung erfolgte also relativ kurz nach der im vorigen Kapitel 5.2.2 beschriebenen Datierung des neu entdeckten „Astronomischen Kalenders“ auf das Jahr 1448, die Bauschinger 1901 erzielt hatte.³⁷

Es handelt sich beim Werk von Rico y Sinobas um die Publikation eines wiederaufgefundenen Sammelwerks des Königs Alfons X. von Kastilien (1221-1284). Es besteht aus zahlreichen Teilen („Büchern“), die überwiegend astronomischen Instrumenten (z.B. Armillen, Astrolabien, Quadranten und Uhren) gewidmet sind³⁸. Wenn die in Band IV des Werks von Rico y Sinobas gegebenen Tabellen („Fragmentos numéricos de las tablas[*tablas*] alfonsíes“) auch nicht die numerischen Tabellen der ursprünglichen Alfonsinischen Tafeln darstellen, so geben doch die ihnen vorangestellten 54 Textkapitel nach Wegener (1905b) „mit voller Wahrscheinlichkeit den originalen und vollständigen Text“ der Alfonsinischen Tafeln wieder.

Wegen der fehlenden Tabellen der Alfonsinischen Tafeln war das Werk von Rico y Sinobas (1863-1867) für die Dissertation von Wegener nicht direkt brauchbar. Wegener (1905a, S. 7) schreibt dazu: „Dagegen verdient es hervorgehoben zu werden, dass die 1863-67 von der Akademie der Wissenschaften zu Madrid herausgegebenen „Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X. de Castilla etc.“ für die vorliegende Arbeit keinen Nutzen gewähren konnten. Im IV. Bande dieses Werkes ist allerdings der kastilianische Originaltext der Tafeln enthalten, allein die ebendort irrtümlich als „fragmentos numericos de las tablas Alfonsies“ abgedruckten Zahlentabellen stellen eine besondere, auf der Tabulierung von Perioden beruhende Art von Ephemeriden dar, die später als „Almanach perpetuum“ bezeichnet wurde, und die mit dem Original der Alfonsinischen Tafeln nichts zu tun hat. Im übrigen ist der Inhalt der spanischen Publikation nicht den Planetentafeln, sondern einem neuentdeckten Sammelwerk Alfons X über die astronomischen Instrumente gewidmet.^{1a}) Vergl. meine Abhandlung: „Die astronomischen Werke Alfons X.“, welche demnächst in Bibliotheca Mathematica, Zeitsch. f. Gesch. d. Math., erscheinen wird.“. Wegener hat das Werk von Rico y Sinobas dafür aber in seiner im Zitat bereits in Aussicht gestellten Arbeit (Wegener (1905b)) ausgiebig benutzt und dort dessen Inhalt ausführlich beschrieben (siehe Kapitel 10).

³⁷Das fünfbändige Werk von Rico y Sinobas aus der Berliner ARI-Bibliothek ist nicht aus Sermuth nach Heidelberg mitgenommen worden. Es ist zunächst in die Bibliothek des östlichen Teils des ARI an der Sternwarte in Babelsberg gekommen und befindet sich heute im Besitz der Bibliothek des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (Astrophysikalisches Institut Potsdam, AIP). Nach Auskunft von Frau von Berlepsch (AIP) befinden sich in den Bänden keine Hinweise auf Vorbesitzer (vor der ARI-Inventarisierung 1901/02). Dies deutet stark darauf hin, daß das ARI das gesamte Werk 1901/02 direkt und gezielt erworben hat, und nicht etwa aus der Bibliothek der Preußischen Akademie der Wissenschaften erhielt.

³⁸Ein Scan der Handschrift ist im Internet unter <https://www.wdl.org/en/item/15401/> einsehbar



Fig. 32. Einband mit dem Titelschild des ersten Accessions-Katalogs des Astronomischen Rechen-Instituts zu Berlin.

428	A catalogue of 1001 southern stars for 1850.0 from observations by Signor Facchini, at Palermo, in the years 1867, 1868, 1869	Gr. Od. 364
429 1-5	A list of 437 southern stars for 1850.0 derived from Washington transit-circle observations, and compared with observations at the Cape of Good Hope, Cordoba and with Yarnall's catalogue. By Rev. Father Hagen, S.J., and Edward S. Holden. (Reprinted from Publications of the Washburn Observatory, Vol. III)	Gr. An. 247, 1-5
430	Bauschinger, Julius: Tafeln zur theoretischen Astronomie Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1901	Gr. An. 248
431	Astronomische Nachrichten, Band 158	Gr. An. 131/70

Fig. 33. Ausschnitt aus dem ersten Accessions-Katalog des Astronomischen Rechen-Instituts zu Berlin mit der Seite, auf der unter der Inventar-Nummer RI 429, 1-5 das Werk von Rico y Sinobas aufgeführt wird.

Direkt hinter dem Werk von Rico y Sinobas stehen im Accessions-Katalog als Inventar-Nummer 430 die „Tafeln zur theoretischen Astronomie“ von Bauschinger (1901). Das mag Zufall sein. Andererseits war dieses Buch vermutlich ein Freiemplar, das Bauschinger der Bibliothek des ARI sicher kostenlos überließ. Vielleicht deutet dieser Vorgang daraufhin, daß Bauschinger auch sehr direkt in die Beschaffung des Werkes von Rico y Sinobas involviert war.

Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Werk von Rico y Sinobas befand sich das der Berliner Sternwarte gehörende Exemplar der Alfonsinischen Tafeln

von 1483 seit langer Zeit in ihrem Besitz³⁹ und wurde nicht etwa erst von Wilhelm Foerster um 1901/02 aus konkretem Anlaß (Kapitel 5.2.2) erworben.

5.2.4 Andere diskutierte Motive für das Thema von Wegeners Dissertation

Wegener war von Michaelis (29. September) 1902 bis Michaelis 1903 neben seinem Studium astronomisch an der Sternwarte der Berliner Gesellschaft „Urania“ tätig. Wutzke (1988a, 1988b) schreibt in diesem Zusammenhang, daß Wegener dort „Anregungen für seine Dissertation“ erhielt. Das ist sicher insofern zutreffend, als Wegener in der Urania an allgemeinen Vorträgen und Diskussionen zur Geschichte der Astronomie teilnehmen konnte. Aber das konkrete Thema haben wohl Bauschinger und Foerster aus gegebenem Anlaß vorgeschlagen (siehe Kapitel 5.2.2).

Greene (2015) sieht in seiner ausführlichen Biographie Wegeners auf den dortigen Seiten 59 und 60 eine spezielle himmelsmechanische Fragestellung der damaligen Astronomie als Anlaß zu Wegeners Dissertation („Here is the problem that Wegener’s work was intended to solve“.). Wir halten Greenes Vorschlag allerdings für nicht zutreffend. Bei dem von Greene genannten Problem handelt es sich um die Abbremsung der Erdrotation durch die Gezeitenreibung, die Mond und Sonne auf der Erde hervorrufen. Dadurch verlängert sich die Länge des Tages (d.h. die Dauer einer Rotation der Erde um ihre eigene Achse) kontinuierlich. Als man diesen Effekt noch nicht erkannt hatte und mit einer zeitlich konstanten Tageslänge rechnete, schien sich die Bewegung des Mondes kontinuierlich zu beschleunigen im Vergleich zu seiner mit der Newtonschen Gravitationstheorie bestimmten Bahn. Der amerikanische Astronom Newcomb (1835-1909) hatte die Bewegung des Mondes eingehend untersucht und dabei auch auf den Wert sehr alter Beobachtungen⁴⁰ hingewiesen. Greene führt aus, daß die Alfonsinischen Tafeln eventuell hilfreich sein könnten zu einer besseren Kenntnis der wahren Positionen und Bewegungen des Mondes (und anderer Himmelskörper) im Mittelalter.

Da die Alfonsinischen Tafeln selbst nur Ephemeriden, also theoretische Voraussagen, und keine tatsächlichen Beobachtungen enthalten, ist ihr direkter

³⁹Nach Auskunft von Frau von Berlepsch (AIP) stammt das Exemplar von 1483 der Berliner Sternwarte aus dem Nachlaß des Astronomen Christian Ludwig Ideler (1766-1846) und gelangte kurz nach dessen Tod unter der Accessions-Nummer 1634 in die Bibliothek der Sternwarte

⁴⁰Newcomb konzentrierte sich vor allem auf das Auffinden alter Bestimmungen der Zeitpunkte, zu denen der Mond gewisse Sterne bedeckt hat. Da die Örter dieser Sterne gut bekannt sind, kann man daraus die Position des Mondes bestimmen und damit die Genauigkeit der Mond-Ephemeride testen. Newcomb hat auch schon den Wert antiker Mitteilungen über Sonnen-Finsternisse für die Bestimmung der Mondbahn gewürdigt.

Wert für das Studium der säkularen Verlängerung der Tageslänge für uns nicht erkennbar.

Dagegen waren die Grundlagen der Alfonsinischen Tafeln bei ihrer Aufstellung natürlich an reale Beobachtungen angepaßt worden. Damit können die Tafeln indirekt Hinweise auf die wirklichen Bewegungen der Himmelskörper zum Zeitpunkt der Aufstellung der Tafeln geben. Dazu hätte es aber kaum einer Umrechnung der Tafeln im Sinne von Wegeners Arbeit bedurft. Denn hier ist die über längere Zeit gemittelte Bewegung der Körper wichtig, die man auch ohne eine vollständige Umrechnung leicht den Grundlagen der Tafeln entnehmen kann. Als Beispiel für eine solche Untersuchung sei hier die Arbeit von Goldstein (1982) erwähnt:

In Kapitel 3.2 seiner Arbeit versucht Goldstein (1982), die säkulare Änderung der Tageslänge durch einen Vergleich der mittleren Bewegung μ der Sonne in ekliptischer Länge l zwischen dem Wert in den Alfonsinischen Tafeln (hier mit AT abgekürzt) und dem in einer modernen Tafel zu bestimmen. Als relativ moderne Tafel für die Sonnenbewegung benutzt er die Tafel von Newcomb (1898). Newcombs Tafel liefert nach Goldstein

$$\mu_N = 0.985647331 \text{ }^\circ/\text{d (Grad/Tag)} .$$

Aus den AT leitet Goldstein folgenden Wert⁴¹ ab:

$$\mu_{AT} = 0.985646398 \text{ }^\circ/\text{d} .$$

Wegener gibt in seinen umgerechneten Tafeln (1905a, S. 48, Tafel IV, z.B. aus dem Tafelwert für 100 Tage) für μ_{AT} nur einen stark gerundeten Wert, nämlich $0.98565 \text{ }^\circ/\text{d}$. Für die Erstellung seiner Tafeln hat Wegener aber offensichtlich einen genaueren Wert von μ_{AT} benutzt. Die Arbeit von Goldstein ist übrigens eine der wenigen, in denen Wegeners Dissertation zitiert wird.

⁴¹Wir haben diesen Wert aus den sexagesimalen Angaben in den AT-1553, Seite 28, „Tabula medii motus Solis, Veneris & Mercurii.“, $0^\circ 59' 08'' 19''' 37'''' 19^V 13^{VI} 56^{VII}$ (in der Zeile für das Argument 1) nachgerechnet und können das Ergebnis von Goldstein voll bestätigen, wenn man das dezimale Ergebnis auf neun Stellen nach dem Komma rundet. Die sexagesimale Angabe besitzt rein formal eine Genauigkeit von ungefähr 13 Stellen nach dem Komma, denn $1^{VII} = 3.57^{-13} \text{ }^\circ$. Der tatsächliche Fehler von μ_{AT} tritt aber bereits in der 7. Stelle nach dem Komma auf, was jedoch trotzdem für die damalige Zeit eine beachtliche Leistung der Ersteller der AT darstellt. Der hier angegebene Wert von $\mu_{AT} = 0.985646398 \text{ }^\circ/\text{d}$ entspricht einer Jahreslänge von 360° (einem vollen Umlauf der Sonne) / $\mu_{AT} = 365.2425462$ Tagen = $365^d 5^h 49^m 16^s$. Dies zeigt, daß den Erstellern der alten AT durchaus bekannt war, daß das mittlere julianische Jahr mit seinen 365.25 Tagen = $365^d 6^h$ etwas zu lang ist. Die AT stimmen besser mit dem ab 1582 eingeführten mittleren gregorianischen Jahr von 365.2425 Tagen = $365^d 5^h 49^m 12^s$ überein.

Die Differenz zwischen Newcomb und den AT beträgt also

$$\mu_N - \mu_{AT} = +0.000000933 \text{ }^\circ/\text{d} = +0.933 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ/\text{d}.$$

Diese gute Übereinstimmung der AT mit Newcomb in der mittleren Bewegung der Sonne mag zunächst etwas überraschen. Man muß aber bedenken, daß die mittlere Bewegung der Sonne aus Beobachtungen ermittelt wurde, die sich über einen sehr langen Zeitraum erstreckt haben.

Die relative Differenz r in μ beträgt

$$r = (\mu_N - \mu_{AT})/\mu_N = +0.946 \cdot 10^{-6}.$$

Wenn man mit Goldstein davon ausgeht, daß die relative Differenz r nur auf der säkularen Änderung der Tageslänge L beruht⁴², dann ist r auch die relative Differenz der Tageslänge zwischen Newcombs Tafel und den AT. Zur Bestimmung der zeitlichen Änderung der Tageslänge L benötigt man nun noch die Differenz ΔT der Zeitpunkte T_N und T_{AT} (der „mittleren Epochen“), an denen μ aus der jeweiligen Tafel gilt. Wäre die Differenz der Epochen ΔT z.B. 1000 Jahre, dann würde man als relative Änderung der Tageslänge L den Wert

$$(dL/dt)/L = r/\Delta T = +0.946 \cdot 10^{-6} / 1000 \text{ Jahre} = +9.46 \cdot 10^{-10}/\text{Jahr}$$

erhalten. Goldstein betrachtet aus verschiedenen Gründen drei Möglichkeiten für ΔT : 1321, 748 und 633 Jahre. Damit ergeben sich Werte für $(dL/dt)/L$ von +7, +13 und $+15 \cdot 10^{-10}/\text{Jahr}$. Alle diese Werte liegen deutlich über dem heute gut bekannten wahren Wert für $(dL/dt)/L$. Der gegenwärtig beste Wert für den langfristigen mittleren Anstieg der Tageslänge L , der aus Sonnenfinsternissen und Mondbedeckungen zwischen 720 v.Chr. und 2015 n.Chr. abgeleitet wurde (Stephenson et al. (2016)), beträgt $dL/dt = (+1.78 \pm 0.03)$ Millisekunden/Jahrhundert und entspricht $(dL/dt)/L = (+2.06 \pm 0.03) \cdot 10^{-10}/\text{Jahr}$. Dies bedeutet, daß die mittlere Bewegung der Sonne aus den Alfonsinischen Tafeln, μ_{AT} , leider keinen signifikanten Beitrag zur Bestimmung der säkularen Verlängerung der Tageslänge L leisten kann. μ_{AT} ist dafür doch zu ungenau.

⁴²Wie und wo Goldstein die von ihm durchaus erwähnte zeitliche Änderung der Jahreslänge eventuell berücksichtigt hat, ist für uns nicht erkennbar. Er verweist im Text nur auf Newcombs Theorie zur Korrektur der geringfügigen Änderung der Länge des Tropischen Jahres aufgrund der Lageänderung der Ekliptik als Folge der Störungen durch Planeten.

6 Wozu dienten die Alfonsinischen Tafeln ?

Worum handelt es sich bei den Alfonsinischen Tafeln (abgekürzt AT)? Zunächst was sie nicht sind: Die Alfonsinischen Tafeln sind weder ein Kalender noch ein astronomisches Jahrbuch. Ein astronomisches Jahrbuch gibt Voraussagen für die Positionen („Örter“) von Sonne, Mond und Planeten am Himmel für ausgewählte Zeitpunkte, z.B. von Tag zu Tag in einem bestimmten Kalenderjahr. Das ist in den AT nicht der Fall.

Die Alfonsinischen Tafeln sind vielmehr ein Hilfsmittel für einen Astronomen (oder einen Astrologen), um die Himmels-Positionen von Sonne, Mond und Planeten für einen beliebigen Zeitpunkt selbst zu berechnen. Dazu enthalten die AT eine ausführliche Rechen-Anleitung und die notwendigen Hilfstafeln.

Die Alfonsinischen Tafeln beruhen noch im Wesentlichen auf der Planetentheorie von Claudius Ptolemäus, der im 2. Jahrhundert n. Chr. lebte. Sonne, Mond und Planeten bewegen sich darin um die im Zentrum stehende Erde. Die AT sind aber kein Lehrbuch der relativ komplizierten Ptolemäischen Theorie, sondern wenden die Theorie nur an. Dadurch sind die AT für sich allein genommen oft schwer verständlich. Die AT geben meist nur eine schematische Rechen-Anweisung, ohne zu verdeutlichen, warum gerade dieser oder jener Rechenschritt erforderlich ist. Man kann dieses Verfahren sehr gut mit einem heutigen Programm für einen elektronischen Computer vergleichen. Denn der Computer „versteht“ ja auch nicht die theoretischen Grundlagen eines Programms, sondern führt das Programm nur nach den vorgegebenen Anweisungen Schritt für Schritt aus.

Entstanden sind die Alfonsinischen Tafeln in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts in Toledo auf Anregung von Alfons X. dem Weisen (1221-1284), König von Kastilien und Leon. Sie waren ursprünglich in Kastilisch geschrieben. In der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts erschien eine lateinische Version der AT in stark veränderter äußerer Form, die von Johannes de Saxonia herausgegeben wurde. Danach erschienen zahlreiche Handschriften der AT, die z.B. bei Rico y Sinobas (1867, Band V) verzeichnet sind. In der Berliner Königlichen Bibliothek (der späteren Preußischen Staatsbibliothek) gab es allerdings keine Handschrift der AT. Eine entsprechende Angabe bei Rico y Sinobas (1867, Band V, S. 72, Codices 46, 47 und 48) und bei Herz (1894, S. 38) ist nicht korrekt. Diese Handschriften befinden sich nach Wegener (1905b, S. 164/165) vielmehr in der Hofbibliothek zu Wien (der heutigen Österreichischen Nationalbibliothek). Nach Einführung des Buchdrucks erschienen ab 1483 zahlreiche Druckausgaben in lateinischer Sprache (siehe z.B. unser Literaturverzeichnis und vollständiger bei Wegener (1905b)). Alle Ausgaben der AT „stehen noch

völlig auf dem Boden der Ptolemäischen Theorie. Die Zahlenwerte sind größtenteils verbessert, aber der Mechanismus der Theorie ist derselbe wie bei Ptolemäus“ (Wegener 1905a, S. 16).

Für moderne Benutzer der AT, die fast ausschließlich das Dezimalsystem der Zahlen (mit der Basis 10) kennen, ist es besonders ungewohnt, daß die alten Alfonsinischen Tafeln konsequent das Sexagesimalsystem (mit der Basis 60) verwenden. Zwar benutzen wir auch heute noch Rudimente des Sexagesimalsystems bei der Angabe von Winkeln (1 Bogengrad = 60 Bogenminuten, 1 Bogenminute = 60 Bogensekunden) und bei Zeitangaben (1 Stunde = 60 Zeitminuten, 1 Zeitminute = 60 Zeitsekunden). Die AT verwenden das Sexagesimalsystem aber auch für Datumsangaben und für reine Zahlen. Zum Beispiel schreibt sich das Datum 20. September 1477, 6 Uhr, 01 Minute, 36 Sekunden in sexagesimaler Schreibweise (mit der Einheit 1 Tag = 1^d) als $2^4 29^3 49^2 32^d 15^1 4^2 0^3$ (siehe z.B. Fig. 46, Tabelle oben, 2. Spalte von links, Zahlen in senkrechter Anordnung). Ein Beispiel für einen Winkel: Wenn er in sexagesimaler Schreibweise $5^S 39^\circ 35' 41'' 27''' 47''''$ lautet (siehe z.B. Fig. 47, letzte Zeile), dann ergibt die Umwandlung in dezimale Form $339^\circ.594850849$ (gerundet). $1^S = 60^\circ$ wird als „signum physicum“ bezeichnet, $1'$ als minuta prima (unsere Bogenminute), $1''$ als minuta secunda (unsere Bogensekunde), $1'''$ ($= 1''/60$) als minuta tertia, $1''''$ ($= 1''/3600$) als minuta quarta, usw.

Eine allgemeine Beschreibung der Alfonsinischen Tafeln (AT) geben die beiden Arbeiten von Wegener (1905a, 1905b). Dort wird auch die damals vorhandene Literatur zu den AT relativ vollständig zitiert. Moderne Literatur zu den AT findet man z.B. in dem Buch von Chabás und Goldstein (2003).

7 Wegeners Arbeit an seiner Dissertation

7.1 Zielsetzung von Wegeners Dissertation

Das primäre Ziel der Dissertation Wegeners war es, ein „Werkzeug“ zu schaffen, das es erlaubt, für jeden beliebigen Zeitpunkt die Positionen von Sonne, Mond und Planeten auf der Basis der mittelalterlichen Alfonsinischen Tafeln (AT) zu berechnen, und das viel einfacher zu handhaben ist als die originalen AT. Unter den Positionen („Örtern“) sind hier die Winkelkoordinaten der Himmelskörper an der Sphäre zu verstehen, insbesondere ihre ekliptische Länge l und ihre ekliptische Breite b .

Es war nicht das Ziel der Arbeit, die Grundlagen der Alfonsinischen Tafeln zu „verbessern“⁴³, etwa im Sinne einer modernen Bahnverbesserung für die Himmelskörper. Im Gegenteil sollten die „modernisierten“ AT genau die gleichen Resultate liefern wie die originalen AT, nur eben auf einfachere Art und damit auch schneller. Durch die Umrechnung der AT vom ursprünglich verwendeten sexagesimalen Zahlensystem in das dezimale Zahlensystem ergeben sich allerdings geringfügige Abweichungen aufgrund der notwendigen Rundungen. Wegener hat sich, wahrscheinlich nach Beratungen mit Bauschinger und Foerster, dafür entschieden, für die Winkel l und b im Falle von Sonne und Mond eine formale Genauigkeit von einem tausendstel Grad und für die Planeten von einem hundertstel Grad anzustreben.

Wozu sollten die „modernisierten“ Alfonsinischen Tafeln dienen? Wegener selbst schreibt dazu in seiner Doktorarbeit (1905a, S. 6): „Angesichts (*der*) ... Verbreitung, welche die Alfonsinischen Tafeln während reichlich 250 Jahren in Europa besessen haben, ist es sicherlich für mancherlei geschichtliche Untersuchungen von Wert, auch heute noch nach ihnen Planetenörter (*einschließlich der von Sonne und Mond*) rechnen zu können.“. Dieser Satz ist völlig zutreffend, aber aus unserer Sicht merkwürdig allgemein gehalten. Auch später in der Arbeit gibt es keine Hinweise auf Beispiele einer solchen geschichtlichen Anwendung der umgerechneten AT. Das ist deswegen so erstaunlich, weil sich Bauschingers astronomische Datierung des „Astronomischen Kalenders“ auf das Jahr 1448 (siehe Kapitel 5.2.2) doch geradezu als Paradebeispiel für eine solche mögliche Anwendung angeboten hätte und weil diese Arbeit Bauschingers (1902) nach unserer Meinung die „Initialzündung“ für Wegeners Arbeit darstellt. Merkwürdig ist es für uns dabei auch, daß Wegener diese geschichtliche Untersuchung Bauschingers in seiner Dissertation mit keinem Wort erwähnt, obwohl sie ihm sicher sehr gut bekannt war und sie auch in allgemein zugänglicher Form veröffentlicht worden war (Zedler (1902)). Wir werden diese Frage in Kapitel 8.3 eingehender diskutieren.

⁴³Es war natürlich auch keinesfalls das Ziel der Wegenerschen Arbeit, die Neufassung der AT auf irgendeine Weise an das Kopernikanische Weltsystem „anzupassen“

Konkret mußte Wegeners Arbeit an seiner Dissertation mit einer genauen Analyse des lateinischen Textes der AT und der Einarbeitung in die zugrundeliegende Theorie beginnen. Seine Dissertation sollte hier aber keine neuen Erkenntnisse bringen, und die Darstellung der Grundlagen der AT sollte sicher in der Dissertation auch nur einen einleitenden und referierenden Charakter besitzen. Der eigentlich neue Beitrag von Wegener zu den „modernisierten“ Alfonsinischen Tafeln ist seine Umrechnung der AT und deren entsprechende Neugestaltung. Dazu gehört auch die Erarbeitung einer leicht verständlichen Anleitung zur Benutzung der umgerechneten AT, die dafür auch detaillierte numerische Beispiele enthalten sollte.

7.2 Die Zielgruppe: „Der moderne Rechner“

Das Wort „Rechner“ im Titel von Wegeners Dissertation, „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“, ist für uns erstaunlich und erklärungsbedürftig⁴⁴. Wen hatte Wegener hier als Nutzer seiner Arbeit im Auge?

Aus unserer Sicht bestand die Zielgruppe seiner Arbeit primär aus Astronomen und Historikern. Beide Gruppen hätten sich mit der Bezeichnung „Rechner“ aber wohl kaum anfreunden können, auch wenn ein Teil ihrer Aufgabe bei der Verwendung der Alfonsinischen Tafeln natürlich handwerklich im „Rechnen“ bestanden hätte.

Am Astronomischen „Rechen“-Institut waren die meisten Astronomen zwar hauptsächlich mit numerischem Rechnen beschäftigt, fühlten sich aber sicherlich in erster Linie als Wissenschaftler und nicht als „Rechner“. Allerdings gab es am Astronomischen Rechen-Institut später (lange nach Wegeners Promotion) auch einige nicht-akademische Mitarbeiter, die als Rechner bezeichnet wurden und die nach vorgegebenem Schema routinemäßig einfache Rechenaufgaben übernahmen. Die Anwendung der Alfonsinischen Tafeln stellte aber sicher im Regelfall kein langfristiges Großprojekt dar, das den Einsatz von solchem Hilfspersonal erforderlich gemacht hätte.

Wilhelm Foerster hatte mit der Gründung des Astronomischen Rechen-Instituts und insbesondere mit dem an das Institut angeschlossenen „Seminars zur Ausbildung von Studierenden im wissenschaftlichen Rechnen an der Königl. Universität“ (vergeblich) versucht, die Disziplin des „Wissenschaftlichen Rechnens“ in breitem Umfang an der Universität und in sonstigen Bereichen

⁴⁴Wer heute den Titel von Wegeners Dissertation zum ersten Mal liest, der denkt beim Ausdruck „für den Gebrauch eines modernen Rechners“ meist unwillkürlich an eine programmierbare elektronische Rechenanlage oder an seinen PC (Personal Computer). Ihm wird dann aber doch schnell bewußt, daß dies damals nicht gemeint sein konnte. Diese offensichtliche Missdeutung haben wir im Folgenden nicht im Sinn.

zu etablieren. Aber auch die Teilnehmer am Seminar (z.B. Wegener selbst) waren angehende Wissenschaftler und keine einfachen „Rechner“.

Wir würden heute das Wort „Rechner“ im Titel von Wegeners Dissertation wohl eher durch „Anwender“ oder „Nutzer“ ersetzen: „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Anwenders (Nutzers)“.

Vielleicht sollte das Wort „Rechner“ aber auch in Wegeners (oder Bauschingers?) Augen nur darauf hinweisen, daß die Anwendung der umgerechneten Alfonsinischen Tafeln sehr einfach sei und keine besonderen wissenschaftlichen Kenntnisse erfordere, sondern nur die Beherrschung der einfachsten Regeln des numerischen Rechnens. Das (lineare) Interpolieren in Zahlen-Tafeln ist dabei schon die schwierigste Aufgabe, und damit waren die meisten potentiellen Anwender bereits seit ihrer Schulzeit durch die Benutzung von Logarithmentafeln vertraut.

7.3 Inhalt von Wegeners Dissertation

Wir geben zunächst einen Überblick über den Inhalt der Dissertation von Wegener (1905a) und diskutieren dann einige Einzelheiten. Den vollen Wortlaut der Doktorarbeit reproduzieren wir im Supplement zu unser vorliegenden Arbeit (R. und U. Wielen (2017b), dortiges Kapitel 3) in Form von Scans der originalen Druckausgabe.

Inhaltsverzeichnis

Zunächst fällt auf, daß Wegener selbst kein Inhaltsverzeichnis für seine Dissertation publiziert hat und die einzelnen Kapitel des Textes auch nicht mit Nummern versehen sind. Nur die anschließenden Tafeln sind mit römischen Ziffern von I bis XVI durchnummeriert. In anderen Dissertationen aus dieser Zeit (z.B. Münch (1905)) gibt es ein Inhaltsverzeichnis, wenn auch ohne Durchnummerierung der Kapitel. Offenbar hatten die Autoren einer Doktorarbeit hier gewisse Freiräume in der Gestaltung der Arbeit, orientierten sich aber wohl meist weitgehend an vorhandenen Vorbildern.

Wir geben im Folgenden ein von uns erstelltes Inhaltsverzeichnis der Dissertation wieder, das es erleichtert, einen ersten Überblick über den Inhalt der Arbeit zu gewinnen. Die dortige Durchnummerierung der Kapitel stammt von uns. Man erkennt, daß der Textteil 40 Seiten, die numerischen Tabellen (Tafeln genannt) 19 Seiten umfassen. Die den Text erläuternden 14 Figuren sind auf

	Seite
Titelblatt	1
Referenten	2
Widmung	3
1. Einleitung	5
2. Bemerkungen über die Umrechnung	7
3. Die Fundamentalepoche der Tafeln	9
4. Ueber die anzubringenden Correctionen	11
5. Die Alfonsinische Planetentheorie	16
6. Die Sonnentafeln	18
7. Die Mondtafeln	20
8. Die Tafeln des Mars, Jupiter, Saturn	24
9. Die Venustafeln	28
10. Die Merkurtafeln	30
11. Die Breitentafeln	34
11.1 Die Breitentafel des Mondes	34
11.2 Die Breitentafeln des Mars, Jupiter, Saturn	36
11.3 Die Breitentafel der Venus	38
11.4 Die Breitentafel des Merkur	41
12. Verzeichnis der technischen Ausdrücke	43
13. Numerische Tafeln (<i>nur Zwischentitel</i>)	45
13.1 Tafel I. Praecession	46
13.2 Tafel II (<i>Berechnung von Jahresbruchteilen</i>)	46
13.3 Tafel III. Radices augium	46
13.4 Tafel IV. Mittlere Bewegung in Jahren	47
13.5 Tafel V. Mittlere Bewegung in Tagen, Stunden, Minuten	48
13.6 Tafel VI. Ungleichheit der Sonne (aequatio solis)	49
13.7 Tafel VII. Ungleichheiten des Mondes	50
13.8 Tafel VIII. Ungleichheiten des Merkur	52
13.9 Tafel IX. Ungleichheiten der Venus	54
13.10 Tafel X. Ungleichheiten des Mars	56
13.11 Tafel XI. Ungleichheiten des Jupiter	58
13.12 Tafel XII. Ungleichheiten des Saturn	60
13.13 Tafel XIII. Bewegung des Mondknotens in Jahren	62
13.14 Tafel XIV. Bewegung des Mondknotens in Tagen	62
13.15 Tafel XV. Breite des Mondes	62
13.16 Tafel XVI. Breiten der Planeten	
Venus, Merkur, Mars, Jupiter, Saturn	63
14. Lebenslauf	64
Anhang mit den Figuren 1 bis 6	65
Anhang mit den Figuren 7 bis 14	67

zwei angehängten Blättern zusammengefaßt⁴⁵. Erfreulicherweise befindet sich der Text der Fußnoten bei Wegeners Arbeit dort, wo die Fußnoten auch angebracht sind, und nicht hinten gesammelt. Ein separates Literaturverzeichnis gibt es nicht. Die Literaturzitate sind entweder in Fußnoten oder im laufenden Text gegeben. Leider sind sie meist nicht sehr detailliert.

Kapitel 1

Die Einleitung (Kapitel 1) gibt zunächst eine kurze Einführung in die Geschichte der Alfonsinischen Tafeln (AT). Dann werden Ziel und Zweck der Umrechnung der AT erläutert (siehe dazu auch unser Kapitel 7.1). Besonders wichtig ist die Angabe Wegeners, daß die Umrechnung auf der Ausgabe der AT von 1553 beruhe.

Kapitel 2

Kapitel 2 („Bemerkungen über die Umrechnung“) beschreibt das Konzept der Umrechnung der AT-Tabellen und die Vorgehensweise Wegeners beim Umrechnen. Wegener begründet hier auch, warum er die lateinischen Bezeichnungen der technischen Ausdrücke (z.B. *radix*) unverändert übernommen habe. Zur Bedeutung dieser Ausdrücke verweist er auf seine Zusammenstellung in Kapitel 12.

Kapitel 3

In Kapitel 3 („Die Fundamentalepoche der Tafeln“) weist Wegener nach, daß die formale Fundamentalepoche der alten AT das Datum Januar 0.0 des Jahres 1 n.Chr. ist.

Bei der Verwendung von zeitlichen Daten tritt für den heutigen, oft uneingeweihten Anwender der alten AT, aber auch der von Wegener umgerechneten neuen AT eine gefährliche Klippe auf. Sowohl die alten AT als auch Wegener benutzen die alte astronomische Tageseinteilung. Danach begann der astronomische Tag mit 0 Uhr am Mittag (d.h. beim höchsten Sonnenstand), also nach bürgerlicher Zeit um 12 Uhr. Mitternacht (24 Uhr bürgerlich) entsprach 12 Uhr astronomischer Zeit. Die erste Hälfte des astronomischen Tages entsprach dabei der zweiten Hälfte des gleichen bürgerlichen Tages, die zweite Hälfte des astronomischen Tages bereits der ersten Hälfte des nächsten bürgerlichen Tages. Zum Beispiel: Die AT und Wegener benutzen in ihren Beispielen i.A.

⁴⁵Die Zusammenfassung der Figuren einer Publikation am Ende des Werkes auf separaten Seiten oder eingeklebten Faltbögen war damals und noch lange Zeit der übliche Standard. Wir selbst kennen das heute noch gelegentlich von Farb- oder Photo-Tafeln, die am Ende oder in der Mitte eines Buches zusammengefaßt werden. Aus technischer Sicht ist dieses Verfahren einfacher als die Montage von Figuren im Text. Die Wiedergabe von Figuren im laufenden Text war um 1904 durchaus schon möglich. Zum Beispiel ist dies in der zitierten Dissertation von Münch (1905) der Fall. Vermutlich waren die Herstellungskosten in diesem Fall aber deutlich höher und die Zeit für das Setzen des Textes merklich länger. Für den Leser eines Werks ist es jedoch sehr viel bequemer, wenn die erläuternden Figuren im oder nahe bei dem zugehörigen Text erscheinen.

das Datum des 20. November 1477, 6 Uhr. Damit ist alte astronomische Zeit gemeint. Die entsprechende bürgerliche Zeit ist der 20. November, 18 Uhr. Dagegen entspräche z.B. das Datum des 20. November, 14 Uhr in alter astronomischer Zeit dem 21. November, 2 Uhr morgens in bürgerlicher Zeit. Alle Zeit- und Datums-Angaben in den AT und bei Wegener benutzen die damalige (alte) astronomische Konvention! (Seit dem Jahrgang 1925 benutzen aber auch die astronomischen Jahrbücher unsere heutige astronomische Konvention, nach der der Tag um Mitternacht beginnt, wie es schon früher bei der bürgerlichen Zeit üblich war.)

Kapitel 4

In Kapitel 4 („Ueber die anzubringenden Correctionen“) erklärt Wegener, welche Korrekturen an den aus den AT direkt berechneten Positionen der Himmelskörper oder den Eingangsdaten im Prinzip anzubringen seien.

(1) Berücksichtigung der Längendifferenz des Beobachtungsortes.

Die AT und damit auch Wegeners umgerechneten Tafeln gelten direkt nur für den Ort Toledo in Spanien, wo die AT entstanden sind. Wenn man die Ephemeriden der AT für einen anderen Beobachtungsort benötigt, muß die dortige Beobachtungszeit zunächst auf die Ortszeit von Toledo umgerechnet werden. Um die Ortszeit in Toledo zu erhalten, muß man von der lokalen Ortszeit die Differenz der geographischen Längen $\Delta\lambda$ zwischen dem Ort und Toledo (ausgedrückt im Zeitmaß) subtrahieren. Die Länge von Toledo in Bezug auf den Nullmeridian von Greenwich gibt Wegener mit $\lambda = -15^m 57^s$ (gerundet auf Minuten: -16^m) an. Will man zum Beispiel die Ephemeriden für Nürnberg berechnen ($\lambda = +0^h 44^m$, östlich von Greenwich, heutiger Wert), dann muß man von der Nürnberger Ortszeit die Längendifferenz, $\Delta\lambda = (+0^h 44^m) - (-0^h 16^m) = +1^h 00^m$, subtrahieren und erhält so die Ortszeit von Toledo, mit der man dann in die AT eingehen kann. In einer Tabelle der AT von 1553 steht für Nürnberg (Nurenberga) allerdings $1^h 24^m$ als Wert für $\Delta\lambda$. Offenbar waren die mittelalterlichen Längenbestimmungen noch sehr ungenau. Man ist dann im Zweifel, welcher Wert für $\Delta\lambda$ zu benutzen ist bzw. welchen Wert der Berechner einer alten Ephemeride angenommen hat.

(2) Zeitgleichung

Die Zeitgleichung ist der Unterschied zwischen der wahren Ortszeit und der mittleren Ortszeit. Da die Zeitgleichung nur für Orte des Mondes wichtig ist, gibt Wegener die entsprechende Tabelle der AT nicht wieder, erklärt aber ihre Berechnung mit Hilfe moderner Daten. Die AT benutzen stets mittlere Zeit. Wegener verweist aber ausdrücklich darauf, daß die mittlere Ortszeit MOZ in den AT anders definiert ist als heute. Es gilt: $\text{MOZ(AT)} = \text{MOZ(heute)} - 16^m$.

(3) Parallaxe

Durch die Parallaxe sieht ein Beobachter den Himmelskörper an einem anderen Ort als ein fiktiver Beobachter vom Erdmittelpunkt aus. Für den Mond kann die Parallaxe ca. 1° oder zwei Monddurchmesser erreichen. Für die Sonne und

die Planeten ist der Effekt dagegen vernachlässigbar. Die AT berücksichtigen den Effekt auch für den Mond nur bei Finsternisberechnungen. Daher gibt Wegener dazu auch keine Tabelle.

(4) Praecession

Die Präzession ändert die Lage des instantanen Frühlingspunktes auf der Ekliptik relativ zu den Fixsternen. In den AT setzt sich die Präzession aus zwei Anteilen zusammen: (a) einem linear anwachsenden Anteil, der qualitativ, aber nicht quantitativ unserer heute benutzten Präzessionsformel entspricht, und (b) einem in Wirklichkeit nicht existierenden periodischen Term mit einer Periode von 7000 Jahren (der sogenannten „Trepidation“). Wegener hat beide Terme zusammengefaßt und gibt den Gesamtwert der Präzession im Sinne der AT (die sogenannte „aux communis“) in seiner Tafel I als Funktion des Kalenderjahres (und seiner Bruchteile nach Tafel II) für die Zeit von 1250 bis 1650.

Kapitel 5

Im Kapitel 5 („Die Alfonsinische Planetentheorie“) beschreibt Wegener kurz die theoretischen Grundlagen der AT. Wer sich dafür im Detail interessiert, den verweisen wir auf den Scan des Wegenerschen Kapitels in unserem Supplement (R. u. U. Wielen (2017b)) oder auf die in unserem Literaturverzeichnis zitierten Werke, z. B. von Herz (1887, 1894) oder Mädler (1873), die meist im Internet als Volltext frei zugänglich sind. Wir wollen hier nur die beiden einfachsten theoretischen Mittel zur Darstellung einer Bahn in den AT erwähnen:

(1) Der exzentrische Kreis.

Hierbei bewegt sich z.B. die Sonne mit konstanter Geschwindigkeit auf einem Kreis. Die Erde steht aber nicht im Mittelpunkt dieses Kreises, sondern etwas vom Mittelpunkt entfernt („exzentrisch“). Durch diese Annahme ist die Erde der Sonne zu einem Zeitpunkt besonders nahe („Perigäum“ der Sonne) oder besonders weit entfernt von der Sonne („Apogäum“). Obwohl die Sonne mit konstanter Geschwindigkeit auf dem Kreis läuft, erscheint sie von der Erde aus gesehen im Winkelmaß im Perigäum schneller zu laufen als im Apogäum. Damit kann man zusätzlich auch näherungsweise die auf einer Kepler-Ellipse zeitlich variierende Bahngeschwindigkeit simulieren. Unsere Fig. 34 gibt die Figur 1 von Wegener (1905a) wieder, mit der Wegener den exzentrischen Kreis erklärt.

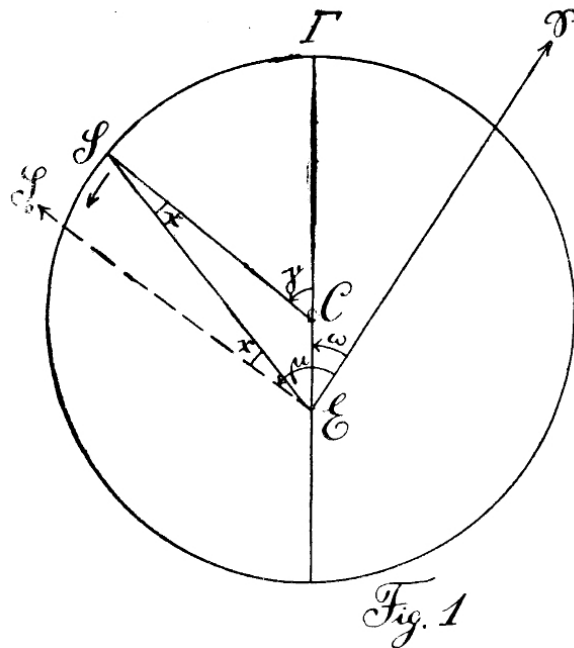


Fig. 34. Figur 1 von Wegener (1905a): C ist der Mittelpunkt des exzentrischen Kreises. Etwas „exzentrisch“ steht die Erde E. Die auf dem Kreis umlaufende Sonne ist mit dem geschweiften S bezeichnet. Der Winkel S-E-Frühlingspunkt(Widderzeichen) ist die von der Erde E aus zu beobachtende wahre Länge l der Sonne.

(2) Epizykel

Eine gute Darstellung der Bahn eines Planeten um die Erde kann man erreichen, wenn man eine zusätzliche Bewegung des Planeten auf einem kleinen Kreis, dem sogenannten Epizykel, zur Bewegung auf dem großen exzentrischen Kreis hinzufügt. Auf dem großen Kreis (jetzt Deferent genannt) bewegt sich der Mittelpunkt des Epizykels. Der Planet selbst bewegt sich mit einer anderen konstanten Geschwindigkeit auf dem Epizykel. Unsere Fig. 35 gibt die Figur 6 von Wegener (1905a) wieder, mit der Wegener ein Epizykel auf einem exzentrischen Kreis für einen Planeten erklärt.

Eine weitere Modifikation, die „Zweiteilung der Exzentrizität“, erläutern wir in Fig. 35 .

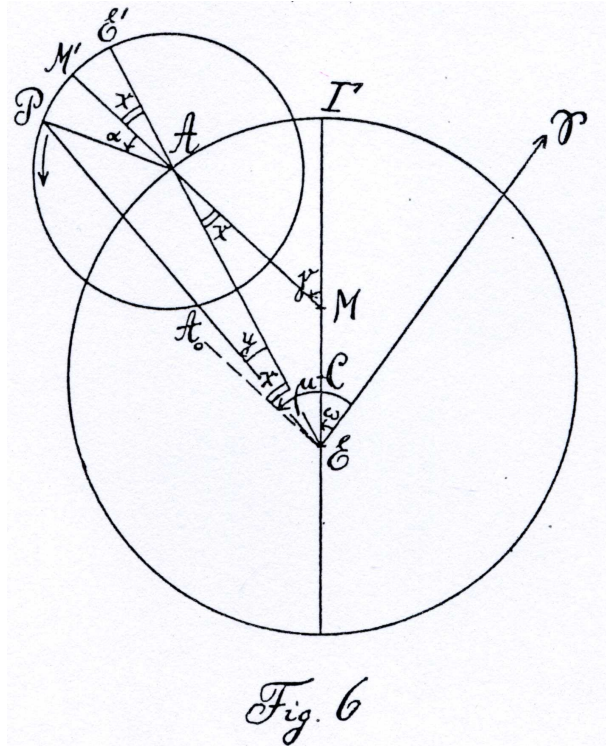


Fig. 35. Figur 6 von Wegener (1905a): Das Epizykel auf dem exzentrischen Kreis, für einen Planeten. C ist der Mittelpunkt des größeren Kreises. Etwas „exzentrisch“ steht die Erde E. Auf dem großen exzentrischen Kreis (dem Deferenten) bewegt sich ein kleinerer Kreis (das Epizykel), dessen Mittelpunkt mit A bezeichnet ist. Der Punkt A bewegt sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um den Punkt M („centrum aequans“). Da $EC = CM$ angenommen wird, heißt diese Maßnahme „Zweiteilung der Exzentrizität“. Der Planet P selbst bewegt sich seinerseits mit konstanter anderer Winkelgeschwindigkeit um A auf dem Epizykel.

Kapitel 6

Im Kapitel 6 („Die Sonnentafeln“) wird die Berechnung der ekliptischen Länge l der Sonne unter Benutzung der AT genau beschrieben. Da der Fall der Sonne im Rahmen der AT der einfachste ist, wollen wir ihn hier ausführlicher darstellen.

Die AT benutzen für die Vorhersage der ekliptischen Länge l der Sonne allein das Bahnmodell des exzentrischen Kreises, das wir in Kapitel 5 unter Punkt (1) besprochen haben. In Figur 34 läuft die Sonne S auf dem Kreis mit dem Mittelpunkt C. Die Erde E liegt etwas getrennt von C auf der sogenannten Apsidenlinie, die vom erdfernsten Punkt der Sonne, dem Apogäum Γ , durch C zum erdnächsten Punkt (Perigäum) geht. Von C aus gesehen soll sich die Sonne mit konstanter Winkelgeschwindigkeit $d\mu/dt$ bewegen.

Gesucht wird die ekliptische Länge l der Sonne für einen bestimmten Zeitpunkt t_s . Die Länge l ist der momentane Winkel zwischen der Sonne und dem Frühlingspunkt (in Fig. 34 mit dem Widder-Symbol bezeichnet), gesehen von der Erde E aus.

Die Bestimmung von l erfolgt in zwei Schritten. Zunächst betrachtet man eine fiktive Sonne S_0 , die sich mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit $d\mu/dt$ um die Erde dreht. Der Winkel μ zwischen der fiktiven Sonne S_0 und dem Frühlingspunkt nimmt daher linear mit der Zeit zu und ist für den Zeitpunkt t_S relativ einfach zu berechnen. Er heißt in den AT „medius motus“. Die wahre Sonne S ihrerseits kreist zwar auch mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit $d\mu/dt$, aber auf dem Kreis um den Mittelpunkt C (und nicht um E). Daher erscheint die wahre Sonne von der Erde aus nicht unter dem Winkel μ , sondern unter dem Winkel l , ihrer ekliptischen Länge. Die Differenz der Winkel l und μ wird bei Wegener mit x bezeichnet (siehe Fig. 34). Diese „Korrektion“ x , die an μ anzubringen ist, gilt es zu bestimmen, denn $l = \mu + x$. Die Korrektion x wird in den AT „aequatio solis“ genannt. Im Deutschen wird sie meist als die „Ungleichheit der Sonne“ bezeichnet, weil sich die Sonne wegen dieses Effektes am Himmel zu verschiedenen Zeiten mit „ungleichen“ Geschwindigkeiten in der Länge l bewegt, d.h. mit verschiedenen Werten von dl/dt .

Zur Bestimmung der Korrektion x benutzt man den Hilfswinkel γ , unter dem die Sonne von C aus erscheint und der vom Apogäum der Sonne aus gezählt wird. Das Apogäum der Sonne ist in Fig. 34 mit Γ bezeichnet. Der Winkel γ wird in den AT „argumentum medium solis“ genannt. Er wächst ebenfalls linear mit der Zeit t an. Die Winkel μ und γ unterscheiden sich in der Apogäumslänge ω . Aus Fig. 34 kann man ersehen, wie die Korrektion x von γ abhängt. Für $\gamma = 0^\circ$ und $\gamma = 180^\circ$ ist $x = 0$. Kurz nach $\gamma = 90^\circ$ (wenn der Sehstrahl ES auf der Apsidenlinie senkrecht steht) ist x maximal negativ, und kurz vor $\gamma = 270^\circ$ maximal positiv. Die Funktion $x(\gamma)$ verläuft also ähnlich wie $-\sin(\gamma)$, nur daß bei der Funktion $x(\gamma)$ Minimum und Maximum gegenüber $-\sin(\gamma)$ leicht verschoben sind.

Die geometrische Berechnung der Funktion $x(\gamma)$ ist bereits in den originalen AT erfolgt. Wegener tabelliert in seiner umgerechneten Tafel VI die Werte von x (mit drei Stellen nach dem Komma) als Funktion von γ für alle Werte des Arguments γ von 0° bis 360° in Intervallen von einem Grad. Man erkennt aus dieser Tafel VI, daß x für die Sonne sein Minimum bei $\gamma \approx 93^\circ$ mit $x = -2.167^\circ$ annimmt. Das Maximum von x wird bei $\gamma \approx 267^\circ$ mit $x = +2.167^\circ$ erreicht. Man kann aus Tafel VI auch ablesen, daß die Abweichung der zeitlichen Änderung der Sonnenlänge l von ihrem Mittelwert (der beträgt ungefähr $0.986^\circ/\text{Tag}$) im Perigäum am größten ist: $+0.040^\circ$ pro $1^\circ \approx +0.040^\circ/\text{Tag}$. Im Apogäum tritt die stärkste negative Abweichung mit $-0.036^\circ/\text{Tag}$ auf.

Für den praktischen Gang der Berechnung von l gibt Wegener am Ende des Kapitels ein numerisches Beispiel. Zunächst bestimmt er die Länge des Apogäums ω . Da die Apsidenlinie in den AT als raumfest gedacht wird, aber der Frühlingspunkt als Nullpunkt der Zählung aller Längen sich durch die Präzession verlagert, muß zuerst der Wert der gesamten angefallenen Präzession von der Fundamentalepoche (Tag 0.0 des Jahres 1 n.Chr.) bis zum gewünsch-

ten Datum t_S ermittelt werden. Diese *aux communis* wird bei Wegener mit π bezeichnet und mit Hilfe des Kalenderjahres und seiner Bruchteile aus Tafel I (unter Zuhilfenahme von Tafel II) entnommen. Der Wert von π wächst vom Jahr 1250 bis zum Jahr 1650 ungefähr von 17° auf 21° an. Die Tafel III gibt die Werte der Apogäumlänge ω_0 der Himmelskörper (einschließlich der Sonne) bei der Fundamentalepoche als „*radix augium*“. Damit kann man die aktuelle Apogäumlänge ω der Sonne zum Zeitpunkt t_S (die „*aux propria*“) berechnen: $\omega = \omega_0 + \pi$.

Der Winkel μ (*medius motus*) zum Zeitpunkt t_S kann mit Hilfe der Wegenerschen Tabellen IV und V bestimmt werden. Dazu entnimmt man für das entsprechende Datum den Beitrag des Kalenderjahres (in Schritten von 20 Jahren) und den Beitrag der restlichen Jahre aus Tabelle IV, die einzelnen Beiträge der Tage, Stunden und Minuten aus Tabelle V, und addiert alles zum Gesamtwert von $\mu(t_S)$.

Dann berechnet man aus den nun bekannten Werten von μ und ω den Hilfswinkel γ zum Zeitpunkt t_S . Wie man aus Figur 34 ansehen kann, gilt: $\gamma = \mu - \omega$. Mit γ als Argument entnimmt man aus Tafel VI die Korrektur x (*aequatio solis*). Mit diesem Wert von x korrigiert man μ und erhält die gesuchte ekliptische Länge $l(t_S)$ der Sonne aus $l = \mu + x$.

Am Ende von Kapitel 6 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge der Sonne. Alle notwendigen Zahlenwerte zu dieser Berechnung kann man den Tafeln I bis VI von Wegener entnehmen.

Allgemeines zu den Kapiteln 7 bis 10

In den Kapiteln 7 bis 10 beschreibt Wegener die Behandlung des Mondes und der Planeten in den Alfonsinischen Tafeln hinsichtlich der Bestimmung ihrer ekliptischen Länge. Da die in den AT benutzten Bahnformen dieser Körper deutlich komplizierter sind als die in den AT benutzte Theorie der Sonne, verzichten wir auf eine entsprechende ausführlichere Darstellung und verweisen auf den Text in Wegeners Dissertation in unserem Supplement. Wir beschreiben hier nur in Stichworten die von den AT jeweils verwendeten Elemente. Da die Bahnformen komplizierter sind, benötigt man für die Berechnung der ekliptischen Länge des jeweiligen Himmelskörpers zusätzliche Hilfsgrößen. Dadurch werden auch die numerischen Tafeln von Wegener für sie aufwendiger (siehe die weiter unten erfolgende Beschreibung).

Kapitel 7

Kapitel 7 betrifft die Mondtafeln. In den AT wird die Mondbahn im Wesentlichen mit Hilfe der Kombination eines exzentrischen Kreises, eines Epizykels und einer Bewegung der Apsidenlinie dargestellt. Der Umlaufsinn des Mondes auf seinem Epizykel ist dem Umlaufsinn des Mittelpunktes des Epizykels auf dem Deferenten entgegengesetzt.

Für die Berechnung der Länge l benötigt man neben dem Winkel μ (mittlere Bewegung des Mondes auf dem Deferenten) noch den Winkel α (in den AT schlicht „argumentum“ genannt) des Mondes auf seinem Epizykel. Für die Berechnung des Hilfswinkels γ für den Mond benötigt man zusätzlich zum Wert von μ für den Mond auch den Wert von μ für die Sonne. Ferner erforderlich sind die Hilfsgrößen x (aequatio centri) und y (aequatio argumenti). Die geometrische Bedeutung der Winkel x und y für den Mond ist in Figur 2 von Wegener (1905a) erläutert. Den Wert von y muß man aber erst aus dem tabellierten Wert von y_0 und den in den Tafeln ebenfalls aufgeführten Werten der „minuta proportionalia“ und der „diversitas diametri“ berechnen.

Am Ende von Kapitel 7 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge des Mondes. Alle notwendigen „Zutaten“ zu einer solchen Berechnung kann man den Tafeln IV bis VII von Wegener entnehmen. Jemandem, dem es nur auf das Endresultat, nämlich die Länge l des Mondes zum gewünschten Zeitpunkt, ankommt, muß nur den von Wegener gegebenen Vorschriften „mechanisch“ folgen, ohne notwendigerweise zu verstehen, warum gerade dieser oder jener Schritt erforderlich ist. Er verhält sich dann so, wie das Programm eines modernen Computers. Das hier gesagte gilt entsprechend für alle Beispiele Wegeners und den in ihnen enthaltenen Vorschriften.

Kapitel 8

Kapitel 8 betrifft die Tafeln des Mars, des Jupiter und des Saturn. In den AT werden die Bahnen der äußeren Planeten Mars, Jupiter und Saturn mit Hilfe der Kombination eines exzentrischen Kreises, eines Epizykels und der Zweiteilung der Exzentrizität dargestellt. Im Gegensatz zum Mond ist der Umlaufsinn der Planeten auf ihrem Epizykel der gleiche wie der Umlaufsinn des Mittelpunktes des Epizykels auf dem Deferenten.

Bei der Behandlung der Planeten tritt für die Berechnung der Länge eine neue Besonderheit auf. Für die benötigte Hilfsgröße „diversitas diametri“ gibt es zwei Varianten, je nachdem, welches Teilstück des Deferenten benutzt wird: die „diversitas diametri in longitudinem longiorem“ und die „diversitas diametria in longitudinem propiorem“. In den betroffenen Tafeln VIII bis XII steht hinter dem Zahlenwert der „minuta proportionalia“ jeweils der Buchstabe l oder p für longiora oder propiora. Danach richtet sich, aus welcher Spalte (l oder p) der Wert der „diversitas diametri“ zu entnehmen ist.

Am Ende von Kapitel 8 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge des Planeten Mars. Ein Rechenbeispiel für die Planeten Jupiter und Saturn kann entfallen, weil dieses nach demselben Schema abläuft wie für den Mars. Alle notwendigen Zahlenwerte zu diesen Berechnungen kann man den Tafeln I, II, IV, V, und X, XI oder XII von Wegener entnehmen.

Kapitel 9

Kapitel 9 betrifft die Tafeln der Venus. Die Beschreibung der Venusbahn in den AT stimmt mit denen der äußeren Planeten (z.B. Mars) überein bis auf folgende Besonderheit:

Die mittlere Bewegung μ der Venus ist identisch mit der der Sonne. Daher kann der Wert von μ für die Venus in den Tafeln IV und V aus der Spalte für die Sonne entnommen werden.

Im geozentrischen Ptolemäischen System gab es für diese Übereinstimmung keine überzeugende Erklärung⁴⁶. Erst im heliozentrischen Kopernikanischen System, in dem sich die Planeten um die Sonne bewegen, wird klar, daß die über lange Zeiten gemittelte Bewegung eines inneren Planeten (Merkur bzw. Venus) mit der der Sonne völlig übereinstimmen muß, denn sonst würde der Mittelpunkt der Bahn dieses Planeten (nach Kepler genauer: der Brennpunkt seiner Ellipsenbahn) nicht auf Dauer mit der Sonne übereinstimmen. Die zusätzliche Bewegung eines inneren Planeten relativ zur Position der Sonne (die „Elongation“ des Planeten) wird in den AT dann primär durch die Bewegung des Planeten auf seinem Epizykel beschrieben. Dazu ist in den Tafeln IV und V die mittlere Bewegung $\alpha(t)$ von Merkur und Venus auf ihrem jeweiligen Epizykel tabelliert.

Am Ende von Kapitel 9 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge des Planeten Venus.

Kapitel 10

Kapitel 10 betrifft die Tafeln des Merkur. Die Theorie für die Bahn des Merkur entspricht weitgehend derjenigen für die Venus. Aufgrund der viel größeren Exzentrizität der wahren Merkurbahn mußte in den AT eine weitere Besonderheit eingeführt werden (siehe dazu Fig. 8 von Wegener (1905a)):

Der Mittelpunkt (M) des Deferenten steht nicht still (wie bei den anderen Planeten), sondern bewegt sich selbst auf einem kleinen Kreis um die mittlere Position C des Deferenten. Als resultierende Kurve für die Bewegung des Mittelpunktes A des Epizykels ergibt sich dadurch ein Oval, das einer verformten Ellipse ähnelt (aber nicht etwa um die Sonne, sondern um die Erde!). Die Kurve hat Wegener in seiner Fig. 9 eingezeichnet.

Am Ende von Kapitel 10 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge des Planeten Merkur.

⁴⁶Im Altertum konnte diese Übereinstimmung nur im heliozentrischen System des Aristarch von Samos (um 310 v.Chr. - um 230 v.Chr.) verstanden werden. Dieses System wurde aber von den meisten griechischen Astronomen und Philosophen abgelehnt (siehe z.B. van der Waerden (1988)).

Kapitel 11

Kapitel 11 betrifft die Breitentafeln des Mondes und der Planeten. Ziel ist die Berechnung der ekliptischen Breite b der entsprechenden Himmelskörper im Rahmen der Alfonsinischen Tafeln. Wegener (1905a, S. 38) schreibt dazu in seiner Einleitung zu Kapitel 11: „Die Breitenbewegung [*des Mondes und der Planeten*] ist in den Alfonsinischen Tafeln nur sehr roh dargestellt und kann keinen Anspruch auf erhebliche Genauigkeit machen.“. Der Grund ist vermutlich folgender: Die AT waren weniger für Astronomen, sondern hauptsächlich für Astrologen bestimmt. Für die Astrologen war aber die ekliptische Länge l besonders wichtig, da diese entscheidet, in welchem der astrologischen Tierkreiszeichen („Häuser“) sich der Himmelskörper befindet. Die ekliptische Breite b spielte dagegen in der Astrologie kaum eine Rolle.

Für die Sonne entfällt in den AT die Berechnung der Breite. Gemäß den AT ist die Breite b der Sonne stets null. Denn die Sonne der AT bewegt sich immer strikt in einer Ebene (der Ekliptik). Erst seit der Entdeckung des Newtonschen Gravitationsgesetzes wissen wir, daß die gravitative Wechselwirkung der Erde mit den anderen Planeten auch eine Veränderung der Lage der instantanen Erdbahnebene im Raume bewirkt. Der Effekt ist aber so gering, daß er im Altertum und im Mittelalter nicht meßbar war und daher auch nicht erklärt zu werden brauchte.

Wir wollen hier nur die Breitenbestimmung für den Mond genauer besprechen, da diese relativ einfach ist (Kapitel 11.1 von Wegener (1905a)). Die AT nehmen an, daß die Ebene des Epizykels des Mondes in der Ebene seines Deferenten liegt, die eine Neigung i von genau 5° gegenüber der Ekliptik besitzt (moderner Wert bei J2000 (gerundet): 5.157°). Die Länge des aufsteigenden Knotens Ω (wo sich die Ebenen der Mondbahn und der Ekliptik schneiden) nimmt in den AT mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ab. Für die Berechnung der momentanen Breite b des Mondes benötigt man die Hilfsgröße u . Sie ist die Differenz zwischen der nach Kapitel 7 berechneten Länge l des Mondes und der Länge Ω des Mondknotens: $u = l - \Omega$. Den Wert von Ω zum Zeitpunkt t entnimmt man den Tafeln XIII und XIV, die allerdings zunächst $360^\circ - \Omega$ liefern. Mit Hilfe des resultierenden Wertes für u als Argument kann man in der Tafel XV direkt die Breite b des Mondes ablesen. Am Ende von Kapitel 11.1 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Breite des Mondes.

Für die Breitenbestimmung der drei äußeren Planeten Mars, Jupiter und Saturn (Kapitel 11.2) nehmen die AT an, daß bei ihnen sowohl die Neigung i ihrer Deferenten-Ebene gegen die Ekliptik als auch die Knotenlänge Ω sich zeitlich nicht ändern. Im Gegensatz zum Mond sollen die Ebenen der Epizykel aber immer parallel zur Ebene der Ekliptik liegen. Am Ende von Kapitel 11.2 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Breite des Mars. Die sehr ähnliche Berechnung von b für Jupiter und Saturn wird angedeutet.

Die Theorie für die Breitenbestimmung der Venus und des Merkur ist komplizierter (Kapitel 11.3 und 11.4) Die Neigung i des Deferenten gegenüber der Ekliptik ist zeitlich veränderlich. Die Periode dieser „Schaukelbewegung“ (so Wegener) des Deferenten um die Ebene der Ekliptik ist identisch mit einem Umlauf auf dem Deferenten. Für das Epizykel bleibt (mit Wegeners Worten) die Ebene des Epizykels während des ganzen Umlaufs parallel zu sich selbst, besitzt also eine konstante Neigung gegen die Ebene des Deferenten. Diese Besonderheiten führen bei der Berechnung der Breite zu einer Reihe von besonderen Fallunterscheidungen. Am Ende von Kapitel 11.3 gibt Wegener ein ausführlich erklärtes Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Breite der Venus, am Ende von Kapitel 11.4 für die Breite des Merkur.

Kapitel 12

Kapitel 12 enthält ein Verzeichnis von technischen Ausdrücken in den originalen Alfonsinischen Tafeln mit Erläuterungen. Die in Wegeners Dissertation weitgehend beibehaltenen lateinischen Termini der AT werden dort auf Deutsch erklärt. Zum Beispiel: „Accessus et recessus sphaerae stellatae“ bedeutet den periodischen Teil der Gesamtpraecession oder die sogenannte Trepidation.

Kapitel 13

Das Kapitel 13 enthält die von Wegener umgerechneten und teilweise neu entworfenen Tabellen, die für die Anwendung der Alfonsinischen Tafeln benötigt werden. Es handelt sich um die Tafeln I bis XVI (Kapitel 13.1 bis 13.16).

Alle Winkelangaben in Wegeners umgerechneten Tafeln geben nach der Gradanzahl den Bruchteil des Winkels in dezimaler Form. Für die Sonne und den Mond werden dabei i.A. drei Dezimalstellen nach dem Komma, bei den Planeten Merkur bis Saturn nur zwei Dezimalstellen nach dem Komma angegeben. Für die Bewegung des Mondknotens werden allerdings in den Tafeln XIII und XIV nur zwei Dezimalstellen nach dem Komma tabelliert. Das ist aber auch ausreichend, weil eine dritte Stelle die aus Tafel XV zu entnehmende Breite des Mondes nicht signifikant beeinflussen würde. (Eine Änderung von 0.005° im Mondknoten ändert die Breite b des Mondes nach Tafel XV um maximal 0.00044° .)

Den generellen Inhalt der einzelnen Tafeln kann man aus unserem Inhaltsverzeichnis ersehen. Die Verwendung der meisten Tafeln beschreiben wir in unseren obigen Bemerkungen zu den Kapiteln 6 bis 11. Wie Wegener die einzelnen Tafeln vom sexagesimalen System der originalen Alfonsinischen Tafeln in das von ihm benutzte Dezimalsystem vermutlich umgerechnet hat, beschreiben wir in unserem Kapitel 7.4.1.

Einige Zahlenwerte in Wegeners Tafeln sind mit einem Stern (*) versehen. Dieser deutet an, daß der entsprechende Wert in den originalen AT von 1553 mit einem Druckfehler behaftet ist.

Kapitel 14

Wegener hat in Kapitel 14 seiner Dissertation einen kurzen Lebenslauf beigefügt. Wegener beschreibt darin seinen Werdegang bis zum Ende des Studiums. Er vermerkt, bei wem er Vorlesungen gehört hat (ohne aber die Fachgebiete oder die Titel der Vorlesungen anzugeben). Wir haben die in diesem Lebenslauf gegebenen Informationen bereits in unseren Kapiteln 2 und 3 verwendet.

Im letzten Satz seines Lebenslaufes dankt er Bauschinger und Foerster „für ihre oft erteilten gütigen Ratschläge“.

Anhang mit den Figuren

Am Ende seiner gedruckten Dissertation gibt es einen Anhang aus zwei unbezeichneten Blättern. Sie enthalten 14 Figuren, die zur Erläuterung des Textteils der Arbeit dienen. Zwei davon (Fig. 1 und 6 von Wegener) haben wir bereits in unseren Figuren 34 und 35 wiedergegeben. Den Rest kann man sich in unserem Supplement (R. und U. Wielen (2017b, Kapitel 3) ansehen. Die Vorlagen für die Figuren sind von Hand gezeichnet (mit höchster Wahrscheinlichkeit von Wegener selbst). Das Format der Blätter ist identisch mit dem der Seiten des übrigen Textes. Um alle 14 Figuren auf zwei Seiten unterzubringen, mußten sie relativ klein gehalten werden und sind daher z.T. schwer lesbar, z.B. die Winkelbezeichnungen in Wegeners Fig. 6. Der Druck der Vorlagen ist aber sehr gut. Dadurch hat man heute die Möglichkeit, in unserem Supplement die Figuren durch die Zoom-Funktion des Readers zu vergrößern, um sie besser studieren zu können.

7.4 Umrechnung der Zahlen-Tafeln

In seiner Dissertation gibt Wegener keine Hinweise darauf, wie und mit welchen Hilfsmitteln er die Zahlen-Tabellen aus den originalen Alfonsinischen Tafeln, die in sexagesimaler Form vorliegen, für seine Arbeit in dezimale Form umgerechnet hat. Wir sind daher leider weitgehend auf Vermutungen angewiesen. Diese ergeben sich aber relativ stichhaltig, wenn man sich fragt, wie man selbst diese Umrechnung angegangen hätte, und zwar unter Berücksichtigung der Bedingungen, die für Wegener im Jahre 1904 galten.

In Bezug auf eine benutzerfreundliche Gestaltung und auf die optimale Vorgehensweise bei der Umrechnung der Tabellen von ihrer sexagesimalen Form in dezimale Werte konnte Wegener sicher Ratschläge und eventuell auch Verbesserungsvorschläge von den am Astronomischen Rechen-Institut vorhandenen Experten in Anspruch nehmen. Hierzu zählte natürlich in erster Linie sein Doktorvater Julius Bauschinger. Bauschinger hatte erst wenige Jahre zuvor selbst ein Tabellen-Werk herausgegeben: die „Tafeln zur theoretischen Astronomie“ (Bauschinger (1901)). Das Buch enthält 45 verschiedene Tafeln und eine 41

Seiten umfassende, ausführliche Erklärung zum Gebrauch der Tafeln, die (laut Referat im Astronomischen Jahres-Bericht) „so abgefaßt ist, daß auch der Anfänger die Tafeln gebrauchen kann, ohne auf die Originalwerke zurückgreifen zu müssen; vielfach dienen ausgeführte Rechenbeispiele zur Veranschaulichung des Gebrauches.“. Das Werk von Bauschinger war somit ein gutes Beispiel für Wegeners Arbeit. Zusätzlich gab es am Institut den Astronomen Jean Peters⁴⁷. Peters arbeitete am Institut in vielen Bereichen, aber seine persönliche Leidenschaft war die Berechnung und Herausgabe verschiedenster mathematischer und astronomischer Tafeln. In seinem Leben brachte er es auf eine sehr große Zahl solcher Tafeln. Ein amerikanischer Mathematiker bezeichnete Peters als „the greatest mathematical table-maker of all time“ (Archibald (1944)). Der im Astronomischen Rechen-Institut residierende „König der Tafelmacher“ hat es sich sicher nicht entgehen lassen, Wegener mit Empfehlungen und Hinweisen zu dessen Tafeln zu versorgen.

7.4.1 Wegeners vermutliches Vorgehen beim Umrechnen

Die grundlegenden Umrechnungen für Zahlen aus dem sexagesimalen System in ihre dezimale⁴⁸ Form ergeben sich aus den sexagesimalen Einheiten, z.B.:

$$\begin{aligned}
 1^4 &\hat{= } 60 \times 60 \times 60 = 216000, \\
 1^3 &\hat{= } 60 \times 60 = 3600, \\
 1^S &\hat{= } 60, \\
 1^\circ &\hat{= } 1, \\
 1' &\hat{= } 1/60 = 0.01666666666666\overline{6}, \\
 1'' &\hat{= } 1/60^2 = 0.0002777777777\overline{7}, \\
 1''' &\hat{= } 1/60^3 = 0.000004629629\overline{6}29, \\
 1'''' &\hat{= } 1/60^4 = 0.000000077160493..., \\
 1^V &\hat{= } 1/60^5 = 0.0000000012860008...
 \end{aligned}$$

Wir haben hier die dezimalen Werte mit sehr vielen Stellen nach dem Komma angegeben. Für die Umrechnung der AT-1553 ist diese Genauigkeit nur in Ausnahmefällen notwendig. Meist genügen wesentlich weniger Stellen. Wegener hat sich in seiner Dissertation (1905a, siehe dort Seite 8) dafür entschieden, für Winkel, die die AT-1553 nur bis auf Bogenminuten angeben, die Dezimalbruchteile auf hundertstel Grad zu runden, und Winkel, die die AT-1553 auf Bogensekunden genau angeben, auf tausendstel Grad zu runden. Um aber korrekt zu runden, hat Wegener mindestens mit vier Stellen, vielleicht sogar mit fünf Dezimalstellen nach dem Komma gerechnet. Wir haben jedenfalls bei umfangreichen Nachprüfungen keine fehlerhaften Rundungen durch Wegener gefunden.

⁴⁷Jean Peters (1869-1941). Er benutzte auch oft den Vornamen Johannes statt Jean. Kurzlebenslauf bei R. und U. Wielen (2011c, Kapitel 8.41).

⁴⁸Bei den Dezimalzahlen bedeutet der Überstrich eine Periode, z.B. $\overline{629} = 629629629...$

Eine sexagesimale Ziffer, zum Beispiel $29''$, wandelt man in eine Dezimalzahl um, indem man den Betrag der Ziffer (hier 29) mit der entsprechenden Einheit (hier $1'' \hat{=} 0.0002777777777777$) multipliziert. Als Resultat erhält man in diesem Beispiel 0.0080555555555555 . Da eine sexagesimale Zahl in der Regel aus mehreren Ziffern besteht, muß man diese Operation für jede Ziffer einzeln durchführen und dann die einzelnen Ergebnisse addieren, um das Gesamtergebnis zu erhalten.

Die im ersten Schritt (pro Ziffer) notwendige Multiplikation kann man entweder „rein von Hand“ oder mit Hilfe einer Logarithmentafel oder einer geeigneten Rechenmaschine ausführen. Beim Rechnen mit Logarithmen führt man die Multiplikation von Zahlen auf die leichtere Addition ihrer Logarithmen zurück. Geeignete, hinreichend vielstellige Logarithmentafeln gab es im Astronomischen Rechen-Institut (siehe z.B. Kapitel 4.4.5 von Wielen et al. (2014a)) und hätten Wegener dort sicher zur Verfügung gestanden. Bei vielen solcher Logarithmentafeln (z.B. der sechsstelligen von Hrabák (1895), die damals nachweislich im ARI vorhanden war) konnte man als „Eingabe“ und auch als Resultat Zahlen mit vier Dezimalstellen direkt und durch Interpolation solche mit fünf Dezimalstellen verwenden bzw. erhalten. Es gab zwar auch direkte Multiplikationstabellen. Diese waren aber für vielstellige Zahlen kaum brauchbar. Auf den eventuellen Einsatz einer Rechenmaschine gehen wir in Kapitel 7.4.2 ein.

Wenn man viele gleichartige Zahlen in einer Tabelle vorfindet, die man umrechnen möchte, dann kann man dies bequemer durch die Benutzung oder Selbstanfertigung kleiner Hilfstafeln erreichen. Wir zeigen diesen Vorgang zunächst beim Umrechnen von Bogenminuten in Dezimalbruchteile in Tabelle 2. Aus ihr kann man die Umwandlung von $1'$ bis $59'$ direkt ohne jede Rechnung entnehmen. Natürlich mußte man dafür eine minimale Rechenarbeit in die Aufstellung der Tabelle investieren.

Unsere Tabelle 2 ist sehr gut geeignet zur einfachen und vollständigen Erstellung von Wegeners Tafel VIII (Ungleichheiten des Merkur, Seite 52-53), IX (Ungleichheiten der Venus, Seite 54-55), X (Ungleichheiten des Mars, Seite 56-57), XI (Ungleichheiten des Jupiter, Seite 58-59) XII (Ungleichheiten des Saturn, Seite 60-61), sowie der Tafel XVI (Breite der Planeten Venus, Merkur, Mars, Jupiter und Saturn, Seite 63) aus den entsprechenden Tabellen in den AT-1553.

Tabelle 2
Umrechnung von sexagesimalen Bogenminuten
in dezimale Bruchteile eines Bogengrades

Sexa- gesimal	Dezimal
1'	0°.02
2'	0°.03
3'	0°.05
·	·
·	·
·	·
57'	0°.95
58'	0°.97
59'	0°.98

Unsere Tabelle 3 ist ein Hilfsmittel zur Umrechnung, wenn die Winkel in den AT-1553 neben Bogenminuten auch Bogensekunden aufführen. Man kann diese Tabelle in ihrer Länge halbieren, wenn man bereit ist, die in den AT-1553 gegebenen Bogenminuten zwischen 30' und 59' modulo 30 zu rechnen. Sucht man zum Beispiel den Dezimalwert für 59' 58'' (0°.999), dann vermindert man zunächst den Betrag der Bogenminuten um 30', d.h. auf 29' 58''. Dort findet man dann als Dezimalwert 0°.499. Dieser Wert muß nun wieder um 30' $\hat{=}$ 0°.500 erhöht werden. Das Resultat ist 0°.999. Diese Abfolge ist nach kurzer Eingewöhnungsphase sehr leicht zu handhaben.

Die Tabelle 3 ist ein bequemes Hilfsmittel zur vollständigen Erstellung von Wegeners Tabellen VI (Ungleichheit der Sonne, Seite 49), VII (Ungleichheit des Mondes, Seite 50-51) und XV (Breite des Mondes, Seite 62) aus den entsprechenden Tabellen in den AT-1553.

Auch die Tafel III von Wegener (Radices augium, Seite 46) kann man mittels unserer Tabelle 3 herstellen. Zwar geben die AT-1553 (Seite 12, AVGEM communem ...) auch minuta tertia (Einheit 1'''), die in Tabelle 3 nicht berücksichtigt werden, aber deren Wert liegt dort bei den radices augium bei maximal 4''' oder 0.000023, und sie beeinflussen daher die auf drei Stellen nach dem Komma gerundeten Ergebnisse nicht.

Tabelle 3
Umrechnung von sexagesimalen Bogenminuten und Bogensekunden
in dezimale Bruchteile eines Bogengrades

Sexa- gesimal	Dezimal
00' 00''	0°.000
00' 01''	0°.000
00' 02''	0°.001
.	.
.	.
.	.
00' 59''	0°.016
01' 00''	0°.017
01' 01''	0°.017
.	.
.	.
.	.
29' 58''	0°.499
29' 59''	0°.500
30' 00''	0°.500
30' 01''	0°.500
30' 02''	0°.501
.	.
.	.
.	.
59' 58''	0°.999
59' 59''	1°.000
60' 00''	1°.000

Die Tafel II von Wegener (Verflossene Tage bzw. deren Jahresbruchteil seit Jahresbeginn am Beginn eines jeden Monats, getrennt nach gewöhnlichem Jahr und julianischem Schaltjahr) ist sehr einfach zu erstellen.

Die kleine Tafel XIV von Wegener (Bewegung des Mondknotens in Tagen) führt (sinnvollerweise) nur hundertstel Grad auf, während die entsprechende Tabelle in den AT-1553 auf Seite 43 acht sexagesimale Stellen (bis minuta quarta) enthält. Hier ist es ökonomischer, den für einen Tag geltenden Wert umzurechnen (3' 10'' 38'' ... entspricht 0°.05295424...), und diesen Wert dann mit der Zahl der Tage (21 Werte in Tafel XIV) zu multiplizieren ⁴⁹.

⁴⁹Die Tafel XIV von Wegener enthält einen offensichtlichen Druckfehler: Für 5 Tage muß der Wert statt 9.27 richtig 0.27 lauten

Die noch nicht besprochenen Tafeln I, IV, V und XIII konnte Wegener meist nicht durch direkte Umrechnung von Tabellen der AT-1553 gewinnen, da solche Tabellen dort überwiegend nicht in der von Wegener angestrebten Form vorliegen. Hier hat Wegener aus den AT in der Regel wohl nur die generelle Vorgehensweise und die grundlegenden Zahlenwerte übernommen, für seine Tafeln aber die numerischen Werte selbst errechnet. Über seine Vorgehensweise gibt er in seiner Dissertation zwar einige Hinweise, aber keine detaillierte Beschreibung. Wir können daher seine Rechenschritte in diesen Fällen nicht im Einzelnen nachvollziehen.

In Tafel I (Praecession) gibt Wegener den Gesamtwert der Präzession (im Sinne der AT) ab dem Beginn des Jahres 1 n.Chr. bis zum Beginn der Kalenderjahre 1250 bis 1650 (nach dem julianischen Kalender gezählt) in Intervallen von 10 Jahren. Dagegen muß man in den AT den Wert der Gesamt-Präzession („aux communis“) aus der säkularen Präzession und der sogenannten Trepidation zusammensetzen. Dazu dienen in den AT nach Wegener (1905a, Seite 14) drei verschiedene Tabellen: TABVLA prima motus medii Augium & Stellarum fixarum (Seite 9 der AT-1553), TABVLA secunda motus medii accessus & recessus octavae sphaerae (Seite 10 der AT-1553) und TABVLA aequationum motus accessus & recessus sphaerae Stellatae (Seite 11 der AT-1553). Wegeners Tafel I (in Verbindung mit Tafel II) erleichtert die Berechnung der Gesamt-Präzession in Form der „aux communis“ also ganz erheblich.

Die Tafeln IV, V und XIII von Wegener haben eine Gemeinsamkeit: Die dort tabellierten Winkel sind alle im Grundsatz eine lineare Funktion der Zeit t und daher mathematisch einfach zu berechnen. Wenn wir einen solchen Winkel mit $w(t)$ bezeichnen, dann gilt

$$w(t) = w(t_A) + (dw/dt)(t - t_A).$$

Dabei ist t_A ein Anfangszeitpunkt, $w(t_A)$ der Wert von w zur Zeit t_A , und dw/dt der konstante Anstieg des Winkel $w(t)$ mit der Zeit t .

Die obige Relation für $w(t)$ gilt aber streng nur, wenn die Zeit t wirklich gleichmäßig abläuft. Diese Bedingung ist z.B. erfüllt, wenn wir t in Tagen zählen, die seit t_A verflossen sind. Sie ist aber nicht erfüllt, wenn wir t in julianischen Kalenderjahren zählen, weil hier auf drei Gemeinjahre mit jeweils 365 Tagen ein Schaltjahr mit 366 Tagen folgt. Will man wegen der höheren Bequemlichkeit trotzdem für t das Kalenderjahr des Datums benutzen, dann muß die Tafel speziell berechnet werden. Der Winkel $w(t)$ als Funktion von t in Kalenderjahren weist dann im Rhythmus von vier Jahren kleine „Sprünge“ (Diskontinuitäten) auf, wie man sie z.B. gut im unteren Teil der Tafel IV in der Spalte für die Sonne erkennen kann.

Wir beschreiben zunächst Wegeners Tafel V (Mittlere Bewegung in Tagen, Stunden und Minuten (für Sonne, Mond und die Planeten)), weil dies den einfachsten Fall der linear anwachsenden Winkel darstellt. Den oberen Teil der

Tafel V (Maßeinheit der Zeit: Tage) hätte Wegener auch durch Umrechnung von Tabellen der AT-1553 gewinnen können (Tabula medii motus Solis, Veneris & Mercurii auf Seite 28, Tabula Medii Motus Lunae auf Seite 35, Tabula medii argumenti Lunae auf Seite 36, Tabula medii argumenti Veneris auf Seite 46, Tabula medii argumenti Mercurii auf Seite 53, Tabula Medii Motus Maris auf Seite 60, Tabula Medii Motus Iovis auf Seite 67, und Tabula Medii Motus Saturni auf Seite 74).

Einfacher als eine Umrechnung der vielstelligen sexagesimalen Werte ist aber eine Neuberechnung der dezimalen Werte mit der obigen linearen Formel. Im Fall der Tafel V hat man zwei Vorteile: Erstens startet man stets bei $t_A = 0$ mit $w(t_A) = 0$, d.h. $w(t) = (dw/dt) t$. Zweitens verläuft die (getrennte) Zählung von t in Tagen, Stunden und Minuten streng linear. Benötigt wird nur der Anstieg dw/dt des jeweiligen Winkels. Den kann man für die Einheit Tag durch einmalige Umrechnung des in den oben genannten Tabellen der AT-1553 jeweils aufgeführten sexagesimalen Wertes (z.B. in der Zeile mit der Einheit 1) erhalten. Beispiel für die Sonne: Aus der Tabelle auf Seite 28 der AT-1553 entnimmt man die Änderung des Winkels „motus Solis“ pro Tag zu $0^\circ 59' 08'' 19''' 37'''' 19^V 13^{VI} 56^{VII}$. Umgerechnet ergibt dies $dw/dt = 0.985646398^\circ/\text{Tag}$. Für die Einheit Stunden muß man diesen Wert durch 24 und für Minuten nochmals durch 60 dividieren. Man erhält dann für dw/dt $0.041068600^\circ/\text{Stunde}$ und $0.00068447667^\circ/\text{Minute}$. Die gesamte Neuberechnung der Tafel V ist damit auf einfache Weise möglich.

Die Art der Berechnung von Wegeners Tafel IV (Mittlere Bewegung in Jahren (für Sonne, Mond und die Planeten)) ist grundsätzlich die gleiche wie die der oben besprochenen Tafel V. Nur die unterschiedlich langen Gemein- und Schaltjahre erzeugen hier ein Problem. Um einen gleichmäßigen Ablauf der Zeit sicherzustellen, muß zunächst in Tagen statt in Kalenderjahren gerechnet werden.

Wegeners Tafel IV enthält die Werte der Winkel im oberen Teil für die Kalenderjahre 1250.0 bis 1650.0 in Schritten von 20 Jahren. Das Jahr 1250 entspricht ungefähr dem Zeitpunkt, an dem die Alfonsinischen Tafeln angeblich in Toledo zusammengestellt wurden. Nach 1650 waren die AT durch die Rudolphinischen Tafeln von Kepler, die 1627 erschienen sind, völlig überholt. Für das Datum ist stets der Julianische Kalender zu benutzen und nicht etwa ab 1582 der Gregorianische Kalender.

Das Intervall von 20 Jahren ist mit Bedacht gewählt. Es enthält gerade fünf ganze Schalt-Zyklen von je vier Jahren (drei Gemeinjahre und ein Schaltjahr). Dadurch kann mittels einer einzigen Aufstellung (unterer Teil von Tafel IV) der Anteil des Winkelwertes für 0 bis 20 Jahre entnommen werden. Der Wert für 20 Jahre ganz unten dient nur als Stützwert für die Interpolationen auf Bruchteile eines Jahres. Eine entsprechende Zeile für 0 Jahre mit 0° ist hinzuzudenken. Die Zahlenwerte aus dem oberen und dem unteren Teil ergeben addiert

den Gesamtwert des Winkels w , soweit er aus dem Jahresdatum folgt. Für den Endwert von w müssen dann noch zum Gesamtwert aus Tafel IV die Beiträge aus den Tagen, Stunden und Minuten gemäß Tafel V hinzugefügt werden. Dieser Endwert von w ist immer modulo 360° anzugeben.

Zunächst zur Berechnung des unteren Teils der Tafel IV. Das zwanzigjährige Intervall beginnt mit dem (Unter-)Jahr 1.0. Das dem Jahr 1 vorangegangene Jahr 0 ist ein Gemeinjahr. Am Beginn des Jahres 1.0 hat die Sonne vom Zeitpunkt 0.0 bis zu 1.0 am Himmel mit 359.761° etwas weniger als 360° zurückgelegt, weil das Gemeinjahr nur 365 Tage enthält: $(0.985646398^\circ/\text{Tag} \times 365 \text{ Tage} = 359.761^\circ)$. Es fehlten also 0.239° . Auch das Jahr 1 ist ein Gemeinjahr, und bis zum Zeitpunkt 2.0 hat sich die „Verspätung“ der Sonne um weitere -0.239° auf $359.522^\circ (+ 360^\circ)$ summiert. Das Jahr 2 ist dagegen ein Schaltjahr mit 366 Tagen. Zum Zeitpunkt 3.0 ist die Sonne daher in den drei Jahren seit dem Zeitpunkt 0.0 ein wenig auf 0.268° „vorausgeeilt“: $(365 + 365 + 366 \text{ Tage}) \times 0.985646398^\circ/\text{Tag} = 1080.268^\circ = (\text{modulo } 360^\circ) 0.268^\circ$. Das Jahr 3 ist wieder ein Gemeinjahr. Dadurch verringert sich das „Vorausseilen“ der Sonne bis zum Zeitpunkt 4.0 (ab 0.0) auf $0.268^\circ - 0.239^\circ = 0.029^\circ$.

Die restlichen vier Schalt-Zyklen berechnen sich nach dem gleichen Schema. Nur startet die Sonne zum Zeitpunkt 4.0 bereits mit einem „Vorlauf“ von 0.029° . Dadurch erhöhen sich alle Werte des zweiten Schaltzyklus gegenüber den Werten des ersten Schalt-Zyklus um 0.029° (bis auf kleine rundungsbedingte Abweichungen). Am Ende der fünf Schalt-Zyklen, nach 20 Jahren, ist der Vorlauf der Sonne insgesamt auf $0.147^\circ (= 0.0294^\circ \times 5)$ gestiegen. Dies liegt daran, daß das mittlere julianische Jahr mit seinen 365.25 Tagen etwas länger ist als das mittlere Jahr der AT von 365.2425462 Tagen (siehe unsere Fußnote in Kapitel 4.2.4). Den Vorlauf der Sonne um 0.147° pro 20 Jahre erkennt man auch im oberen Teil der Tafel IV.

Warum ist bei Wegeners Tafel IV das zweite Jahr eines Schaltzyklus das Schaltjahr? Das liegt daran, daß Wegener im oberen Teil seiner Tafel IV bewußt mit dem runden Kalenderjahr 1250 startet und in Intervallen von 20 Jahren fortschreitet. Wollte man, daß das Schaltjahr am Ende des gewählten vierjährigen Schaltzyklus liegt, dann müßte man die obere Hälfte der Tafel IV für die Kalenderjahre 1248, 1268, 1288, usw. geben, und die untere Hälfte der Tafel IV entsprechend modifizieren. Das wäre deutlich unübersichtlicher als Wegeners Tafel.

Für den oberen Teil der Tafel muß man den „Anfangswert“ des jeweiligen Winkels w für den Zeitpunkt 1250.0 kennen, z.B. 287.280° für die Sonne. Die Alfonsinischen Tafeln geben aber nur den Anfangswert für das Jahr 1.0 (Beginn des Jahres 1 n.Chr.). Dieses Datum wird in den AT mit „incarnationis Christi“ bezeichnet. Den Anfangswert für den Zeitpunkt 1.0 des Winkels für die Sonne findet man in den AT-1553 über der entsprechenden Tabelle auf Seite 28 als „Radix incarnationis (Christi) ad meridianum Toleti“ zu $4^S 38^\circ 21' 0'' 30''' 28'''' = 278.3501^\circ$.

Um auf den Anfangswert von w für das Kalenderjahr 1250.0 zu gelangen, benötigt man nun als gleichmäßig verlaufendes Zeitmaß die Anzahl der Tage, die vom Beginn des Jahres 1 n.Chr. bis zum Beginn des Jahres 1250 n.Chr. verflossen sind. Ohne Schaltjahre wäre das sehr einfach: $1249 \times 365 = 455885$ Tage. Nun gibt es aber (zumindest formal) in den Jahren 4, 8, 12, ..., 1248 insgesamt $1248/4 = 312$ Schalttage, die hinzukommen. Dadurch erhöht sich die Zahl der bis 1250.0 verflossenen Tage auf $455885 + 312 = 456197$ Tage. Damit können wir nun den Anfangswert des Winkels für die Sonne für das Datum 1250.0 berechnen: $278.3501^\circ + 0.985646398^\circ/\text{Tag} \times 456197 \text{ Tage} = 278.3501^\circ + 449648.9298^\circ = 449927.2799^\circ = (\text{modulo } 360) 287.2799^\circ$. Diesen Wert gibt auch Wegener im oberen Teil seiner Tafel IV für 1250.0 für die Sonne (aufgerundet auf 287.280°). Die Winkel für die anderen Daten (im Abstand von 20 Kalenderjahren) ergeben sich durch die entsprechende Addition des Wertes für 20 Kalenderjahre aus der letzten Zeile der unteren Hälfte der Tafel IV, z.B. für die Sonne bei $1290.0 = 1250.0 + 2 \times 20 \text{ Jahre}$ zu $287.280 (1250.0) + 2 \times 0.147$ (für je 20 Jahre) $= 287.574$.

Die Tafel XIII von Wegener (Bewegung des Mondknotens in Jahren) kann nach dem gleichen Muster erstellt werden wie die oben im Detail beschriebene Tafel IV. Die linke Spalte von Tafel XIII gibt den Winkel des Mondknotens für die Jahre 1250.0 bis 1650.0 in Intervallen von 20 Jahren. Diese Spalte entspricht völlig der oberen Hälfte der Tafel IV. Die rechte Spalte von Tafel XIII gibt die Werte des Winkels für einzelne Jahre von 0 bis 20 Jahre und entspricht damit der unteren Hälfte der Tafel IV. Auch in Tafel XIII muß wegen der Benutzung von Kalenderjahren zur Zählung der Zeit der vierjährige Schalt-Zyklus berücksichtigt werden. Ein sichtbares Anzeichen dafür ist die Anordnung der Werte in jeweils vier Zeilen in der rechten Hälfte von Tafel XIII.

Den zur Berechnung von Tafel XIII benötigten Zuwachs des Winkels des Mondknotens pro Tag entnimmt man der ersten Zahlen-Zeile der entsprechenden Tabelle der AT-1553 (TABVLA Medii Motus Capitis draconis auf Seite 43) zu $3' 10'' 38''' 7'''' 14^V 49^{VI} 10^{VII} = 0.05295424...^\circ$. Den Anfangswert des Winkels des Mondknotens zum Zeitpunkt 1.0 n.Chr. findet man in der Überschrift der genannten Tabelle der AT-1553 als „Radix incarnationis (Christi) ad meridianum Toletī“ zu $1^S 31^\circ 55' 52'' 41''' = 91.931023148^\circ$.

7.4.2 Einsatz einer Rechenmaschine beim Umrechnen ?

Die in Kapitel 7.4.1 beschriebene Umrechnung der Alfonsinischen Tafeln (AT) hätte Wegener durchaus „per Hand“ oder mit Hilfe einer Logarithmentafel durchführen können. Deutlich bequemer wäre aber die Benutzung einer Rechenmaschine gewesen. Die Rechenmaschine wäre auch deshalb besonders vorteilhaft gewesen, weil bei der Umrechnung der AT keine Wurzeln oder gar tri-

gonometrischen Funktionen (wie Sinus eines Winkels) notwendig sind, die den relativ umständlichen Einsatz zusätzlicher Tafeln notwendig gemacht hätten. Leider gibt es keinerlei Indizien, ob Wegener tatsächlich eine Rechenmaschine bei der Umrechnung eingesetzt hat oder nicht.

Geeignete Rechenmaschinen (sogenannte Vierspezies-Maschinen, die neben Addition und Subtraktion auch Multiplikation und Division erlauben) gab es um 1904 durchaus. Sie waren allerdings teuer und daher noch relativ selten. Wo hätte Wegener eine solche Rechenmaschine benutzen können, wenn er es gewollt hätte?

(1) Astronomisches Rechen-Institut

Ob es am Astronomischen Rechen-Institut (ARI) im Jahre 1904 bereits eine Rechenmaschine gab, ist zweifelhaft. Für die Existenz einer Rechenmaschine im ARI im Jahr 1904 spricht eventuell Folgendes: Im Rechenmaschinen-Archiv des ARI in Heidelberg befindet sich ein altes „Arithmometer“ der Firma Burkhardt aus Glashütte i.S. (Fig. 36 und 37).

Das Burkhardt-Arithmometer des ARI trägt die Fabrikations-Nummer 440 und ist daher ungefähr um 1885 hergestellt worden. Es war aber um 1904 immer noch „zeitgemäß“, denn es gab damals kaum bessere Geräte.

Wie und wann das Burkhardt-Arithmometer in den Besitz des ARI gekommen ist, wissen wir leider nicht. Dies liegt „im Dunkeln“ der bewegten Geschichte des ARI. Auf dem im Deckel der Rechenmaschine eingeklebten Zettel befindet sich links oben ein handschriftlicher Vermerk mit schwarzer Tinte: „Nr. 5“. Dies könnte eine Art Inventar-Nummer sein. Leider sind weder die Berliner Inventarlisten noch die frühen Heidelberger Inventarlisten des ARI überliefert. „Nr. 5“ muß nicht unbedingt bedeuten, daß es sich um die fünfte Rechenmaschine handelte. Möglich ist, daß es einfach der fünfte Gegenstand war, der inventarisiert wurde.

In der relativ detaillierten Liste der 1944 von Dahlem nach Sermuth mitgenommenen Gegenstände des ARI ist das Burkhardt-Arithmometer nicht aufgeführt (siehe Kapitel 3.140 von R. und U. Wielen (2012b)). Die Liste der Gegenstände, die im Juni 1945 bei der Verlagerung des ARI von Sermuth nach Heidelberg angefertigt wurde (siehe Kapitel 3.148 von R. und U. Wielen (2012b)), ist zu allgemein gehalten („... 4. Rechenmaschinen verschiedener Typen, darunter 5 größere elektr[ische].“), um Aufklärung zu bringen.

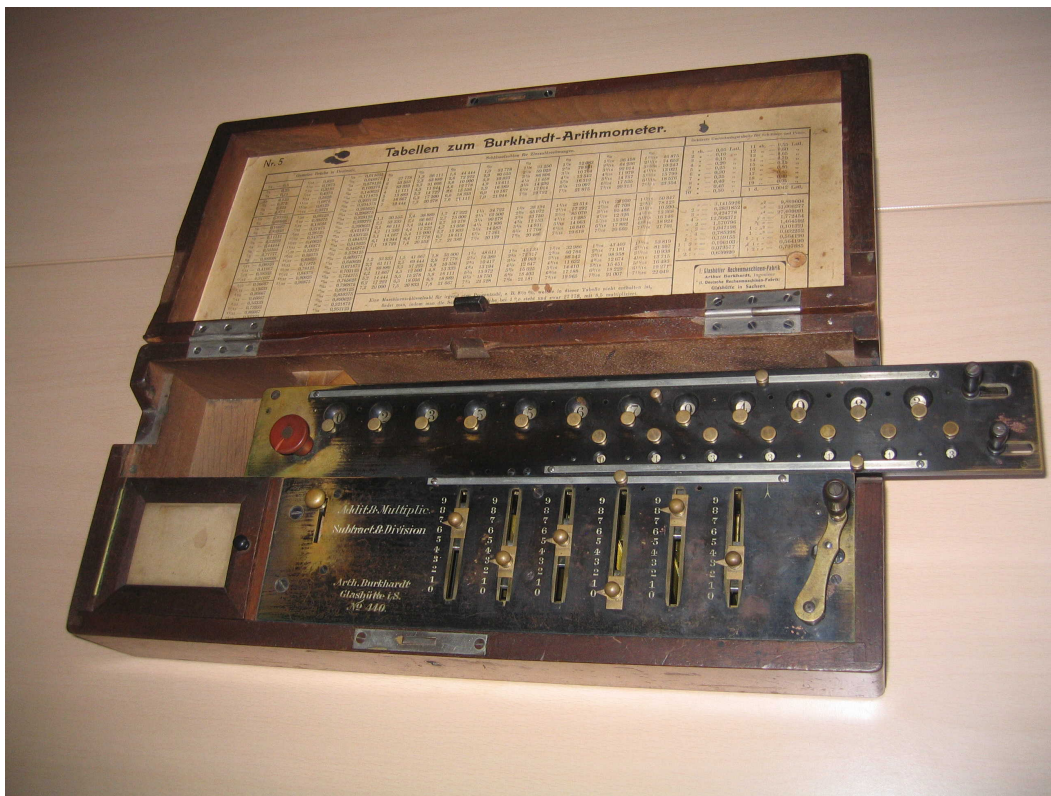


Fig. 36. Burkhardt-Arithmometer im Rechenmaschinen-Archiv des Astronomischen Rechen-Instituts in Heidelberg. Hersteller: I. Glashütter Rechenmaschinen-Fabrik, Arthur Burkhardt, Ingenieur, (I. Deutsche Rechenmaschinen-Fabrik), Glashütte in Sachsen. Fabrikations-Nummer 440. Daraus Herstellungsjahr ungefähr ableitbar: 1885 - 1890. System Staffelwalze. Alle vier Grundrechenarten. Antrieb durch Handkurbel (rechts). Zahlen-Eingabe durch Messing-Schieber: 6 Stellen. Umdrehungszählwerk: 7 Stellen. Ergebniswerk („Akкумуляtor“): 12 Stellen. Laufschiene mit Umdrehungszählwerk und Ergebniswerk mit Hilfe des roten Knopfes (Handgriff) nach hinten aufklappbar und dann seitlich verschiebbar. Im Deckel auf Papier gedruckte Hilfstabellen zum Burkhardt-Arithmometer eingeklebt. Dort links oben handschriftlicher Eintrag mit schwarzer Tinte: Nr. 5 .

Das Burkhardt-Arithmometer scheint also erst in Heidelberg, d.h. nach dem 30. Juni 1945, in den Besitz des ARI gelangt zu sein, vermutlich als Geschenk einer Institution oder einer Person, die dieses „Museumsstück“ nicht mehr benötigte. Wann und wie das genau geschah, konnten wir leider nicht ermitteln.

Wir müssen wohl die Schlußfolgerung ziehen, daß Wegener das heute in Heidelberg aufbewahrte Burkhardt-Arithmometer mit der Nr. 440 für seine Doktorarbeit im ARI nicht benutzt haben kann.



Fig. 37. Hölzerner Aufbewahrungsbehälter des Burkhardt-Arithmometers im Rechenmaschinen-Archiv des Astronomischen Rechen-Instituts. Gerät innen im unteren Teil des Kastens fest eingebaut (siehe Fig. 36). Äußere Maße des Kastens: Breite 47 cm, Tiefe 19 cm, Höhe 10 cm.

Aber auch andere Rechenmaschinen hat es um 1904 im Astronomischen Rechen-Institut offenbar noch nicht gegeben. Dies geht aus einem Brief vom 10. Juli 1911 hervor, den der damalige Direktor des ARI, Fritz Cohn⁵⁰, an das Preußische Kultusministerium gerichtet hat (siehe Kapitel 6 von Wielen et al. (2014b) und Kapitel 5.5.2 von Wielen et al. (2014a)). Den vollen Wortlaut des betreffenden Abschnitts 2 des Briefes geben wir in Kapitel 19.6 wieder. Cohn schreibt darin, daß das ARI und das angeschlossene Seminar bis vor kurzem „über keine einzige Rechenmaschine“ verfügten⁵¹. Erst im letzten Etatjahr habe er eine kleine Maschine für 300 Mark anschaffen können. Dies stimmt mit einer Angabe im Tätigkeitsbericht des ARI für 1909 überein: „Zur Erleichterung der rein mechanischen Rechnungen wurde eine Mercedes-Rechenmaschine angeschafft.“⁵².

⁵⁰Fritz Cohn (1866-1922) war von 1909 bis 1922 Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts. Siehe Kurzlebenslauf von Cohn in Kapitel 8.9 von R. und U. Wielen (2011c).

⁵¹Vielleicht hat Cohn aber hier aus taktischen Gründen ein eventuell doch vorhandenes Burkhardt-Arithmometer nicht als „Rechenmaschine“ gelten lassen, sondern sie als zu vernachlässigendes „Museumsstück“ klassifiziert. Wir halten das für eher unwahrscheinlich.

⁵²Es handelte sich mit höchster Wahrscheinlichkeit um das Modell Mercedes(-Gauss) der Firma Mercedes-Bureau-Maschinen-Gesellschaft. Konstrukteur dieser Maschine war Christel Hamann. Hamann hat für das ARI auch die sogenannte „Differenzenmaschine“ konstruiert, als Einzelstück gebaut und ebenfalls im Jahr 1909 an das ARI ausgeliefert (siehe unser Kapitel 5.1.1 und Kapitel 8.2 von R. und U. Wielen (2011c)). Die Mercedes war eine Weiterentwicklung der seit 1905 gebauten Maschine „Gauss“. Die Gauss und die Mercedes weichen als zylindrische Staffelscheibenmaschinen durch ihre runde Form von dem uns vertrauten Bild einer Rechenmaschine deutlich ab.

Es mag erstaunen, daß es im Königlichen Astronomischen Rechen-Institut und im Seminar zur Ausbildung von Studierenden im wissenschaftlichen Rechnen an der Königlichen Universität um das Jahr 1904 (bis 1909) keine einzige Rechenmaschine gab. Cohn begründet das in seinem oben zitierten Brief vom 10. Juli 1911 damit, daß eine wirklich leistungsfähige Rechenmaschine über 1000 Mark koste und dies aus dem laufenden Sach-Etat des Instituts nicht zu finanzieren sei. Das stimmt sicherlich, aber es kamen wohl noch andere Gesichtspunkte hinzu: Die Astronomen waren an das Rechnen mit Logarithmen gewöhnt und sahen zunächst wahrscheinlich in den frühen, noch recht un bequem zu bedienenden Rechenmaschinen keine wirkliche Erleichterung ihrer Arbeit. Das lag insbesondere daran, daß die Rechenmaschinen keine trigonometrischen Funktionen kannten, die gerade bei astronomischen Rechnungen sehr häufig benötigt werden. Wenn man aber die Werte der trigonometrischen Funktionen (Sinus usw.) doch zusätzlich aus entsprechenden Tafeln entnehmen muß, dann geht ein großer Teil des Zeitvorteils bei der Benutzung einer Rechenmaschine gegenüber dem Rechnen mit Logarithmen verloren. Außerdem stand jedem Astronomen im ARI eine hinreichend genaue Logarithmentafel für Zahlen und für trigonometrische Funktionen als sein persönliches Hand-exemplar direkt und stets zur Verfügung. Wenn schon Rechenmaschinen zum Einsatz kommen sollten, dann hätte fast jeder Mitarbeiter des Instituts mit einer eigenen Rechenmaschine ausgerüstet werden müssen (oder hätte sich dies zumindest gewünscht). Das hätte das finanzielle Problem aber potenziert.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es zumindest im Astronomischen Rechen-Institut und im angeschlossenen Seminar wohl keine einzige Rechenmaschine gab, die Wegener für seine Doktorarbeit hätte benutzen können.

(2) Berliner Sternwarte

Ob es in der Berliner Sternwarte um 1904 eine Rechenmaschine gab, wissen wir nicht, halten es aber für möglich (wenn auch für eher unwahrscheinlich). Die Sternwarte hatte einen Sach-Etat (z.B. für Instrumente), der weit größer war als der des ARI. Im Prinzip hätte daraus leichter eine Rechenmaschine bezahlt werden können. Der Bedarf dafür war zwar vonseiten der Sternwarte selbst nicht allzu stark, aber bis zur völligen Abtrennung des Rechen-Instituts von der Sternwarte im Jahre 1896 hätte Foerster hier eventuell dem ARI und dem Seminar indirekt durch die Beschaffung einer Rechenmaschine durch die Sternwarte Hilfe leisten können, denn die Benutzung des Gerätes hätte Foerster sicher auch den dortigen Kollegen und Studenten (einschließlich Wegener) erlaubt. Ferner hatte Foerster hervorragende Beziehungen zu zahlreichen Organisationen, die er zum Teil mit ins Leben gerufen und zeitweilig geleitet hat. Als Beispiel sei die „Normal-Eichungs-Kommission“ (NEK) genannt. Foerster war von 1869 bis 1885 Leiter dieser Einrichtung, die zunächst im Norddeutschen Bund und ab 1871 im Deutschen Reich als oberste Eichbehörde für die Maß- und Gewichtsordnung zuständig war. Seit 1878 (bis 1900) hatte die Kommission ein eigenes Gebäude im Garten der Sternwarte (siehe Fig. 31).

Vielleicht hat z.B. diese gut ausgestattete Behörde der Sternwarte eine von der NEK nicht mehr benötigte Rechenmaschine überlassen, als die NEK im Jahre 1900 in ein neues Domizil außerhalb der Sternwarte umzog.

(3) Berliner Gesellschaft Urania

Die „Gesellschaft Urania“ wurde 1888 in Berlin als Aktiengesellschaft gegründet. Sie betrieb in Berlin-Moabit eine „Anstalt für volkstümliche Naturkunde“. Im Zentrum stand eine öffentliche Sternwarte. Neben der Astronomie als Zentrum der Urania gab es ein Wissenschaftsmuseum mit zahlreichen Geräten und als Besonderheit ein „Wissenschaftliches Theater“ mit experimentellen Vorführungen und Vorträgen. (Siehe auch Kapitel 2.3.2),

Man kann sich gut vorstellen, daß die Urania für ihre praktischen Vorführungen eine Rechenmaschine (z.B. ein Burkhardt-Arithmometer!) besaß. Da Wegener von Oktober 1902 bis September 1903 als Astronom an der Urania tätig war, kannte er deren Bestände sicher sehr gut und hätte auch 1904 wohl noch leichten Zugang zu einem solchen Gerät gehabt.

(4) Preußisches Statistisches Bureau zu Berlin

Das Königliche Statistische Bureau in Berlin hatte enge Verbindungen zur Astronomie und insbesondere zum Astronomischen Rechen-Institut. Das Statistische Bureau gab seit 1857 die Kalendergrundlagen als sogenannten „Normalkalender“ für Preußen heraus (siehe Kapitel 3.1 von R. und U. Wielen (2011a)). Für dessen astronomischen Teil (z.B. Auf- und Untergangszeiten von Sonne und Mond) waren Astronomen nötig und zuständig. Für die Jahrgänge von 1881 bis 1907 waren die Bearbeiter des astronomischen Teils der Kalendergrundlagen Wilhelm Foerster und der Observator am Astronomischen Rechen-Institut, Paul Lehmann⁵³. Das Astronomische Rechen-Institut und das Statistische Bureau lagen auch räumlich dicht zusammen: Das ARI befand sich in Kreuzberg in der Lindenstraße 91 und das Statistische Bureau in bequemer Fußgänger-Entfernung (kaum 300 m entfernt) in der Lindenstraße 28.

Das Statistische Bureau verfügte bereits lange vor 1904 über Rechenmaschinen. Zum Beispiel hat Burkhardt bereits um oder vor 1878 im Preußischen Statistischen Bureau das Thomas-Arithmometer aus Paris kennengelernt. Diese Rechenmaschine diente Burkhardt dann als Vorlage für sein „Burkhardt-Arithmometer“, das wir unter Punkt (1) dieses Kapitels beschrieben haben.

Wegen der engen Beziehungen des Statistischen Bureaus zum ARI und zu Foerster und wegen der räumlichen Nähe könnte man sich durchaus vorstellen, daß Wegener eine der Rechenmaschinen des Statistischen Bureaus für kurze Zeit benutzen durfte.

⁵³Paul Lehmann (1842-1927). Kurzlebenslauf bei R. und U. Wielen (2011c, Kapitel 8.33))

Insgesamt bleibt aber leider die Frage offen, ob Wegener für seine Umrechnung der Alfonsinischen Tafeln tatsächlich auch eine Rechenmaschine eingesetzt hat.

7.5 Zeitlicher Ablauf der Erarbeitung der Dissertation

Für den zeitlichen Ablauf der Ausarbeitung von Wegeners Doktorarbeit gibt es nur wenige eindeutige Fixpunkte. Den Rest kann man nur durch Analogien und plausible Annahmen versuchen zu rekonstruieren.

Die durchschnittliche Dauer der Erarbeitung einer Dissertation an der Friedrich-Wilhelms-Universität um 1904 kann man einem Werk zur Geschichte der Berliner Universität entnehmen. McClelland (2012, S. 528) schreibt dort: „Das Anfertigen einer Doktorarbeit ... beanspruchte vergleichsweise wenig Zeit: einen Monat (im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts) für Theologen und Mediziner, bis zu zwei Monate für Naturwissenschaftler und, etwas überraschend, fast vier Monate für Juristen und Historiker.“. Das ist gegenüber den heutigen Werten extrem kurz. In den Naturwissenschaften dauert eine Promotion gegenwärtig in der Regel zwei bis drei Jahre, manchmal sogar länger. Wegeners Thema der Dissertation gehörte sowohl der Astronomie als auch der Geschichte an. Man kann daher vielleicht als Erwartungswert für die Dauer seiner Doktorarbeit zwei bis drei Monate annehmen.

Der formale Ablauf der Promotion war laut Promotionsordnung für die Philosophische Fakultät der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin vom 24. August 1903, abgedruckt im Zentralblatt für die gesamte Unterrichtsverwaltung in Preußen, Jahrgang 1904, Seite 294 -299, der Folgende: Bei der Anmeldung zur Promotion muß bereits die „geschriebene Dissertation“ (wohl in der Regel in handschriftlicher Form) eingereicht werden. Die Dissertation wird dann vom Dekan an zwei ordentliche Professoren der Fakultät überwiesen. In Wegeners Fall waren dies Bauschinger und Foerster. Beide Referenten erstellen dann ein Gutachten und schlagen Annahme oder Ablehnung der Dissertation und eine Note („Prädikat“) von 1. (genügend) bis 4. (ausgezeichnet) vor. Der Dekan läßt dann die Dissertation und das Gutachten bei sämtlichen Mitgliedern der Fakultät zirkulieren. Im Zuge des Umlaufs stimmen alle Fakultätsmitglieder auf einem vorgedruckten Formular über Annahme oder Ablehnung und über das zu erteilende Prädikat ab.

Die Zulassung zur mündlichen Prüfung darf erst erfolgen, nachdem die Dissertation durch die Fakultät angenommen ist. Die mündliche Prüfung wird vor der versammelten Fakultät in der Regel von vier Professoren abgenommen. Die Feststellung des Gesamtergebnisses der Prüfung erfolgt durch Abstimmung aller anwesenden Fakultätsmitglieder (d.h. nicht wie heute nur durch die Prüfer).

Vor der (formalen) Promotion hat der Doktorand der Fakultät eine bestimmte Anzahl von Druckexemplaren der Dissertation einzureichen. Die gedruckte Dissertation enthielt dann auf dem Titelblatt den Zusatz „genehmigt von der Philosophischen Fakultät“.

Die Gebühr für die Promotion betrug insgesamt 355 Mark, damals eine recht stattliche Summe.

Wegener hat sich am 9. Juli 1904 bei der Fakultät zur Promotionsprüfung angemeldet und an diesem Tag die handschriftliche Version seiner Dissertation abgegeben. Wenn man eine durchschnittliche Dauer einer damaligen Doktorarbeit von zwei bis drei Monaten zugrunde legt, dann hätte Wegener seine Dissertation im April oder Mai 1904 begonnen. Vermutlich hat Wegener aber das Thema seiner Doktorarbeit noch früher erhalten, z.B. gegen Ende des Winter-Semesters 1903/04, das bis zum 15. März 1904 dauerte. Er konnte dann schon zumindest mit den umfangreichen literarischen Vorarbeiten zu seiner Doktorarbeit beginnen.

Das Sommer-Semester 1904 begann formal am 16. April 1904 und endete am 15. August 1904. Wegener hat die Hauptarbeit an seiner Dissertation wahrscheinlich in den Monaten Mai und Juni 1904 (zum Teil vielleicht auch bereits im April) erledigt. Die Ausführungen von Greene (2015, S. 60) zum Zeitablauf sind sicher nicht zutreffend. Er schreibt: „Wegener began his work in September 1904 ... Then (in October and November) he converted the tables from sexagesimal to decimal places ...“. Gegen diesen Zeitablauf spricht eindeutig, daß Wegener seine Dissertation bereits am 9. Juli 1904 bei der Fakultät eingereicht hat. Wir wissen nicht, auf welchen Informationen oder Überlegungen Greenes Aussagen beruhen. Falls er für seine Zeitangaben irgendwelche, uns unbekannte Überlieferungen aus der Familie Wegener benutzt hat, dann könnten sich diese höchstens auf kleinere Nachbesserungen an der Dissertation und auf die mögliche Erweiterung des zweiten Teils zur späteren Zeitschriften-Veröffentlichung beziehen.

Man kann auch versuchen, die Dauer von Wegeners Dissertation auf der Basis des sachlichen Aufwands für die Anfertigung der Doktorarbeit abzuschätzen. Die Anfertigung der Arbeit mußte in drei Phasen erfolgen: Erarbeitung der Grundlagen der modernisierten AT, Umrechnung der Tabellen und Berechnung von Beispielen, Fertigstellung der Dissertation.

Erste Phase: Erarbeitung der Grundlagen der modernisierten AT

Wegeners Arbeit mußte damit beginnen, sich in die Grundlagen der Alfonsinischen Tafeln einzuarbeiten. Die theoretische Basis der AT ist noch weitgehend die Ptolemäische Planetentheorie. Die letztere kannte Wegener vermutlich aber bereits recht gut aus den entsprechenden Vorlesungen von Foerster und Bauschinger. Wie weit in den Vorlesungen oder Seminaren auch die Alfon-

sinischen Tafeln besprochen worden waren, wissen wir nicht. Insofern ist der Zeitaufwand Wegeners für die allgemeine Einarbeitung in die Thematik der AT schwer abzuschätzen.

Zusätzlich zu den originalen Alfonsinischen Tafeln und ihren Ptolemäischen Grundlagen mußte Wegener auch die Sekundär-Literatur zu den AT und zu ihrem Umfeld studieren. In seiner Dissertation zitiert⁵⁴ er Werke von Delambre (1819), Herz (1887, 1894), Mädler (1873), Peurbach (und seinen Commentatoren), Reinhold (1542, z.B. 1551), Rico y Sinobas (1863-1867), Schöner (1522, 1587), Tannery (1893), Wolf (1877) und Wurstisen (z.B. 1569). Wegener hat aber offenbar wesentlich mehr Literatur zu den AT und zu deren Initiator, König Alfons X., studiert als er für seine Doktorarbeit direkt verwenden konnte. Dieses zusätzlich angesammelte Material hat er unmittelbar nach seiner Promotion in einem längeren Zeitschriftenartikel veröffentlicht (Wegener (1905b); siehe Kapitel 9). In seiner Einleitung schreibt er dort: „Als ich das Material zu meiner Arbeit: *Die ALFONSinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners* ... sammelte, sah ich mich genötigt, auch die geschichtlichen Daten über die astronomische Tätigkeit Königs ALFONS X von Castilien eingehender zu studieren, ... “. Es bleibt unklar, in welchem Maße diese Zusatz-Studien die Zeitdauer der Anfertigung der Wegenerschen Dissertation verlängert haben. Der zusätzliche Zeitaufwand war aber sicher nicht vernachlässigbar.

Für die Umwandlung der originalen AT in eine modernisierte Fassung der AT (mit umgerechneten Tabellen) mußte Wegener die originalen AT voll verstehen. Dazu mußte er aber in die gedruckten Ausgaben der AT Einsicht nehmen und mindestens eine Ausgabe im Detail studieren. An gedruckten Fassungen gab es in der Berliner Königlichen Bibliothek fünf Ausgaben (von 1483, 1492, 1518, 1524 und 1553). Die Berliner Sternwarte besaß nur die älteste Ausgabe von 1483, das Astronomische Rechen-Institut überhaupt keine. Wegener schreibt, daß er sich primär auf die jüngste Ausgabe der AT von 1553 stützt, die anderen Ausgaben aber zum Vergleich herangezogen habe.

Die Königliche Bibliothek hat die wertvollen AT, auch die von 1553, sicher nicht ausgeliehen, weder an Wegener noch an Bauschinger, Foerster oder deren Einrichtungen. Wegener mußte die AT-1553 also im Lesesaal der Königlichen Bibliothek studieren und sich dort Notizen machen. Das war besonders umständlich und fehleranfällig in Bezug auf die sexagesimalen Tabellen der AT, die Wegener als Grundlage für seine Umrechnung abschreiben mußte. (Wir würden heute natürlich einen Scan der entsprechenden Seiten anfertigen lassen, aber von so etwas konnte Wegener höchstens träumen. Sicher waren 1904 in der Königlichen Bibliothek nicht einmal photographische Aufnahmen der AT-Tabellen ohne Schwierigkeiten möglich.)

⁵⁴Leider sind die Zitate von Wegener in seiner Dissertation meist nicht sehr detailliert. Wenn wir das Werk eines zitierten Autors nicht weitgehend eindeutig identifizieren konnten, geben wir hier nur den Namen des Autors wieder. Falls es von einem Werk mehrere Ausgaben gibt, zitieren wir in unserem Literaturverzeichnis meist diejenige, die in der Berliner Königlichen Bibliothek vorhanden und Wegener daher zugänglich war.

Sobald Wegener voll vertraut war mit dem Konstruktionsprinzip der originalen Alfonsinischen Tafeln, mußte er einen Entwurf für eine modernisierte Fassung der AT („für den modernen Rechner“) entwerfen und die Details der Umrechnung der Tabellen vom sexagesimalen System in das dezimale System planen. Vermutlich hat er dabei auch mit Bauschinger und Foerster über den besten Weg diskutiert und deren Zustimmung eingeholt. Dann mußten noch zahlreiche (zunächst eher schematische) Beschreibungen der Anwendung der umgerechneten AT auf die einzelnen Planeten ausgearbeitet werden.

Um dem Leser seiner Dissertation das Verständnis der theoretischen Grundlagen der AT zu erleichtern, hat Wegener seiner Arbeit auch 14 Figuren beigelegt, die relativ aufwendig gestaltet sind. Vermutlich hat Wegener der ersten, noch provisorischen Fassung seiner Doktorarbeit nur einfache Versionen der Zeichnungen beigelegt. Die in technischer Hinsicht endgültigen Versionen der Figuren, die der gedruckten Fassung der Dissertation beigegeben wurden, konnte Wegener bei Zeitnot immer noch später anfertigen, nämlich in den ungefähr 6 Wochen zwischen seiner Anmeldung zur Promotion und dem Termin seiner mündlichen Prüfung.

Der gesamte Zeitaufwand für diese erste Phase der Anfertigung der Doktorarbeit muß nach unserer Ansicht deutlich über einem Monat gelegen haben, auch wenn Wegener Vorkenntnisse über die Ptolemäische Planetentheorie und sogar über die AT gehabt hat.

Zweite Phase: Umrechnung der Tabellen und Berechnung von Beispielen

Die Zeit, die Wegener zum Umrechnen der Tabellen der Alfonsinischen Tafeln aufwenden mußte, läßt sich besser abschätzen. Die umgerechneten Tafeln von Wegener enthalten insgesamt ungefähr 6000 Rechen-Ergebnisse⁵⁵. Wenn man die in Kapitel 7.4.1 beschriebenen Verfahren zur Umrechnung der originalen AT-Tabellen in Wegeners AT-Tabellen zugrunde legt und für jedes der 6000 Rechen-Ergebnisse einen Zeitaufwand (für Berechnung und notwendige Kontrolle und Notieren des gerundeten Resultats in der Tabelle) von durchschnittlich einer Minute ansetzt, dann ergeben sich 6000 Minuten oder 100 Stunden Arbeitszeit. Das entspricht je nach Arbeitsintensität einem Aufwand von zwei bis drei Wochen. Hätte Wegener eine Rechenmaschine einsetzen können, dann wäre der Zeitaufwand für die Umrechnung noch kleiner ausgefallen. Insgesamt ist er aber auf jeden Fall geringer als man vielleicht zunächst vermuten würde.

Erst nach Abschluß der Umrechnung der Tabellen konnte Wegener sinnvoll die von ihm in seiner Arbeit gegebenen numerischen Anwendungs-Beispiele

⁵⁵Greene (2015, S. 60) spricht dagegen von ungefähr 9000 Berechnungen (‘about 9000 calculations’). Dabei hat er aber offenbar die gelisteten Eingangswerte (mathematisch: die „Argumente“) der Tafeln mitgezählt. Die Argumente selbst erfordern aber keinen Rechenaufwand.

berechnen. Der Zeitaufwand dafür hat aber höchstens einige wenige Tage betragen.

Dritte Phase: Fertigstellung der Dissertation

Die schriftliche Abfassung einer ersten Version der Dissertation hat dann wahrscheinlich noch eine Woche beansprucht. Allerdings mußte Wegener damit ungefähr zwei Wochen vor der Abgabe der Doktorarbeit bei der Fakultät fertig sein, da er die vorläufige Version der Arbeit sicher Bauschinger und Foerster vorgelegt hat, um deren Kommentare in der Endfassung berücksichtigen zu können, denn eine Korrektur oder Verbesserung der Dissertation war nach Abgabe bei der Fakultät kaum noch möglich.

Nach den obigen einzelnen Abschätzungen des Zeitaufwandes der drei Phasen der Anfertigung von Wegeners Doktorarbeit kommen wir zusammen auf mindestens zwei, eher zweieinhalb Monate. Dies stimmt gut überein mit der weiter oben gegebenen Abschätzung von zwei bis drei Monaten aufgrund des formalen Ablaufs einer Promotion überein.



Fig. 38. Alfred Wegener.

Aufnahme um 1904. Zu diesem Zeitpunkt fertigte Wegener seine Dissertation an.

8 Begutachtung von Wegeners Dissertation und sein Rigorosum

8.1 Anmeldung zur Promotion

8.1.1 Antrag von Wegener zur Promotion

Am 9. Juli 1904 meldete sich Wegener beim Dekan der philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin zum Doktorexamen an. Den Text dieses handschriftlichen Dokuments edieren wir in Kapitel 19.1; einen Scan des Schreibens geben wir in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)) wieder.

Der Anmeldung wurden die notwendigen Anlagen beigelegt:

(a) Die Dissertation. Sie sollte aus zwei Teilen bestehen: (1) „Die Alfonsischen Tafeln“, (2) „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons X“. Wir haben bereits in Kapitel 4 ausgeführt, wie ungewöhnlich es war, zwei relativ unabhängige Arbeiten als eine gemeinsame Dissertation einzureichen.

(b) Eigenhändiger Lebenslauf. Den Text dieses handschriftlichen Dokuments edieren wir in Kapitel 19.2; einen Scan des Schreibens geben wir in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)) wieder. Der handschriftliche Text vom Juli 1904 unterscheidet sich nur minimal von dem in der gedruckten Dissertation: hier spricht Wegener unpersönlich in der 3. Person („Verfasser“ und „er“) statt dort in der 1. Person („ich“); im Druck wird der „primus (omnium)“ nicht mehr erwähnt, dafür die unterdessen bestandene Promotionsprüfung. Den Inhalt des Lebenslaufes haben wir in den Kapiteln 2 und 3 benutzt und dort detailliert wiedergeben.

(c) Eidesstattliche Versicherung. Den Text dieses handschriftlichen Dokuments edieren wir in Kapitel 19.3; einen Scan des Schreibens geben wir in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)) wieder. Wegener versichert hier, wie üblich und notwendig (§ 5 der Promotionsordnung), daß er die Doktorarbeit ohne fremde Hilfe angefertigt hat, daß sie nicht schon woanders eingereicht worden sei und daß sie noch unveröffentlicht ist.

Einige der Anlagen sind nicht in der archivierten Promotionsakte enthalten. Es handelt sich um (1) die Anmeldung zum Abgangszeugnis, (2) das Abiturzeugnis, und (3) die Nachweise zum Studium. Sie sind aber meist an anderer Stelle überliefert, wie man aus der Aufstellung von Wutzke (1998) entnehmen kann.

8.1.2 Meldebogen der Fakultät zur Promotion Wegeners

Aufgrund der Anmeldung Wegeners zur Promotion vom 9. Juli 1904 (Kapitel 8.1.1) hat die Philosophische Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin noch am selben Tag das Promotionsverfahren für Wegener eingeleitet. Dazu gab es ein Formblatt, „Meldung zur Promotionsprüfung“, das von seiten der Fakultät ausgefüllt wurde. Den Text dieses Dokuments edieren wir in Kapitel 19.4; einen Scan des Schreibens geben wir in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)) wieder.

Dekan der Fakultät war gegen Ende des Sommersemester 1904 noch der Physiker Max Planck. Er nahm die Anmeldung von Wegener vermutlich persönlich entgegen, denn Planck hat den auf dem Formblatt zu ergänzenden Text eigenhändig geschrieben. Besonders bemerkenswert ist, daß Planck den Titel von Wegeners Dissertation abgeändert hat in „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons’ X. Die Alfonsinischen Tafeln“. Wir haben dieses Problem ausführlich in Kapitel 4 erörtert.

Planck als Dekan hat dann Bauschinger und Foerster um Gutachten und einen Vorschlag zur Benotung von Wegeners Doktorarbeit gebeten.

Nachdem die Gutachten von Bauschinger und Foerster vorlagen, hat der seit Beginn des Wintersemesters 1904/05 amtierende Dekan, der Ägyptologe Adolf Erman, am 12. November 1904 alle Professoren der Fakultät gebeten, auf einem Umlauf schriftlich über den Benotungs-Vorschlag (*sagacitatis et industriae specimen laudabile*) abzustimmen.

8.2 Gutachten über die Dissertation

Den Text der Gutachten über Wegeners Doktorarbeit edieren wir in Kapitel 19.5; einen Scan geben wir in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)) wieder.

8.2.1 Das Gutachten von Bauschinger

Bauschinger bespricht in seinem Gutachten zunächst beide von Wegener vorgelegten Arbeiten. Dabei folgt er der vom bisherigen Dekan Max Planck vorgegebenen Reihenfolge, d.h. zuerst die Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons X. und dann die Alfonsinischen Tafeln. Bauschinger selbst schreibt: „Die ... eingereichte Arbeit besteht aus zwei Teilen.“

Die Arbeit über die Werke Alfons X. beurteilt Bauschinger sehr positiv. Er schreibt, daß Wegener die „nicht geringen sprachlichen und sachlichen Schwierigkeiten“ mit „lobenswertem Fleiß und guter Kritik“ überwunden habe. Die Darstellung sei „ansprechend und wohlverbürgt“ und könne der (astronomischen) Geschichtsschreibung „dieser Epoche gewiss von erheblichem Nutzen“ sein.

Dann bespricht Bauschinger die umgerechneten Alfonsinischen Tafeln. Zunächst geht er auf die (nach unserer Meinung von ihm selbst stammende) Motivierung zu dieser Arbeit ein: „Überaus zahlreiche Angaben in astronomischen und geschichtlichen Werken des Mittelalters beruhen auf den Tafeln und können nur durch Zurückgehen auf sie geprüft werden. Dies ist auch für den Astronomen mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft, da er sich erst mit der ganzen Terminologie und Rechnungsweise des Mittelalters vertraut machen muß.“. Er lobt dann Wegener. Dieser habe sich mit der Umrechnung („Umgießung“) der Alfonsinischen Tafeln ein großes Verdienst erworben: „Die Tafeln liegen jetzt in einer Gestalt vor, daß Jeder sie ohne besondere Studien benutzen kann.“

Bezüglich der Frage, worin die eigentliche Doktorarbeit Wegeners bestehen sollte, stellt Bauschinger fest: „Es genügt, wenn einer der beiden Teile als Dissertation gedruckt wird und ich möchte hierzu den zweiten Teil, die Tafeln, vorschlagen.“. Der andere Teil (über die Werke Alfons X.) könne leicht in einer mathematisch-historischen Zeitschrift veröffentlicht werden. Bauschinger hat diese wichtige Entscheidung wahrscheinlich nur nach Rücksprache mit Foerster und eventuell auch mit dem Dekan (Max Planck oder Adolf Erman) getroffen.

Abschließend stellt Bauschinger den Antrag, Wegener zur Promotion zuzulassen. Als Prädikat für die Dissertation schlägt Bauschinger vor: „sagacitatis et industriae specimen laudabile“ (sinngemäß: „eine scharfsinnige und fleißige Probe, die lobenswert ist“). Am wichtigsten sind hier das Wort „laudabile“ und das Fehlen des Wortes „valde“. Nach der Aufzählung der Noten in § 7 der Promotionsordnung bedeutet dieser Vorschlag für das Prädikat daher „gut (laudabile)“ und nicht etwa „sehr gut (valde laudabile)“. Daher läßt der neue Dekan Adolf Erman die Professoren auf dem Fakultätsumlauf über Wegeners Zulassung mit dem Prädikat „laudabile“ abstimmen (siehe Kapitel 8.2.3).

Für uns ist es erstaunlich, wie lange es gedauert hat, bis Bauschingers Gutachten vorlag. Wir kennen allerdings keine Vergleichszahlen aus der Zeit um 1900. Bauschinger hat das Ersuchen des Dekans (Planck) sicher nur wenige Tage nach dem Anmeldetermin (9. Juli 1904) erhalten. Es hat dann über dreieinhalb Monate gedauert, bis Bauschinger sein Gutachten am 27. Oktober 1904 unterzeichnet hat. Natürlich lagen in diesem Zeitintervall die Sommerferien 1904 (formal vom 16. August bis 15. Oktober) und vermutlich ist Bauschinger auch teilweise in Urlaub gewesen. Über eine längere Dienstreise Bauschingers

ist uns nichts bekannt. Zwar fand in der Zeit vom 5. bis 8. September 1904 die 20. Tagung der Astronomischen Gesellschaft in Lund in Schweden statt, an der Bauschinger teilgenommen hat. Aber die Reise nach Lund kann insgesamt höchstens zwei Wochen in Anspruch genommen haben, wenn sie nicht noch mit anderen Zwecken verbunden worden ist.

Über den Grund der Verzögerung können wir nur spekulieren. Vielleicht hatten Bauschinger oder Foerster Nachbesserungswünsche zur Dissertation Wegeners. Ob solche Korrekturen zulässig waren oder zumindest geduldet wurden, solange die Gutachten noch nicht erstellt waren und die Dissertation daher noch nicht den anderen Professoren im anschließenden Umlaufverfahren vorlag, wissen wir nicht. Ein anderer Grund für die Verzögerung könnte die Diskussion über die Zulässigkeit der Einreichung von zwei relativ unabhängigen Teilen statt einer einzigen Arbeit als Dissertation gewesen sein (siehe Kapitel 4). Dabei könnte der Wechsel im Amt des Dekans (von Planck zu Erman) zum Beginn des Wintersemester 1904/05 (formal ab 16. Oktober 1904) zusätzliche Zeit gekostet haben.

8.2.2 Die Beurteilung durch Foerster

Foerster hat kein eigenes Gutachten erstellt, sondern sich am 9. November 1904 in seiner Stellungnahme (nur) mit dem Urteil und dem Antrag Bauschingers voll einverstanden erklärt.

Wir wissen nicht, warum Foerster auf eine eigene Analyse von Wegeners Arbeiten verzichtet hat und ob es damals für den zweiten Gutachter üblich war, sich einfach den Ausführungen des ersten Referenten anzuschließen. Heute wäre so etwas nicht mehr denkbar. Jetzt erhält der zweite Referent in der Regel keine Einsicht in das Gutachten des ersten Referenten und umgekehrt. Die Promotionsordnung der Heidelberger Naturwissenschaftlich-Mathematischen Fakultät enthält die Vorschrift, daß die Gutachten „unabhängig voneinander zu erstellen“ sind. Oft gibt es aber wohl zur Benotung im Vorfeld einen inoffiziellen Meinungsaustausch.

Allerdings wurden damals die Gutachten auf den Seiten des Meldebogens der Fakultät niedergeschrieben, sodaß der zweite Gutachter das Urteil des ersten notwendigerweise kannte. Auch war eine gleichzeitige Begutachtung der Dissertation durch die beiden Gutachter nicht möglich, weil der Doktorand nur ein einziges (damals handschriftliches) Exemplar seiner Dissertation einreichen mußte (heute in Heidelberg: fünf Exemplare).

Aus der knapp gefaßten Zustimmung Foersterns zu Bauschingers Urteil könnte man schließen, daß Foerster aus uns unbekannten Gründen der Dissertation Wegeners etwas reserviert gegenüberstand. Jedenfalls sah er wohl

keinen Anlaß, sich selbst über Wegeners Arbeit besonders lobend zu äußern. Vielleicht stimmte Foerster innerlich aber auch nicht völlig mit Bauschingers Vorschlag, nur die umgerechneten Tafeln als Dissertation zu betrachten, überein. Eine Diskussion darüber hätte aber sicher eine erhebliche Verzögerung des Verfahrens bedeutet. So erfolgte Foersters Stellungnahme jedenfalls relativ rasch nach der Fertigstellung des Gutachtens von Bauschinger. Dadurch konnte Wegeners mündliche Prüfung noch im November 1904 stattfinden, nur ca. zwei Wochen nach Foersters Eintrag, da auch die Zustimmung der anderen Professoren (siehe folgendes Kapitel 8.2.3) sehr schnell erfolgte.

8.2.3 Die Zustimmung der anderen Professoren

Am 12. November 1904 ersuchte der neue Dekan, Adolf Erman, die Professoren der Philosophischen Fakultät, über den Antrag (siehe Kapitel 8.2.1) auf die Zulassung von Alfred Wegener zur Promotion und die Benotung seiner Dissertation mit „sagacitatis et industriae specimen laudabile“ abzustimmen⁵⁶. Diese Abstimmung erfolgte schriftlich auf einem Umlauf. Den Text des Formblattes, auf dem die Professoren ihr Votum vermerken mußten, edieren wir in Kapitel 19.7; einen Scan des Blattes geben wir in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)) wieder.

Der Umlauf bestand, neben dem Formblatt für die Unterschriften der Professoren, aus dem Meldebogen der Fakultät (Kapitel 8.1.2) und den Gutachten von Bauschinger und Foerster. Sehr wahrscheinlich waren auch die handschriftliche Dissertation und der Lebenslauf als Anlagen beigelegt.

Das Formblatt enthält in zwei Spalten die Namen aller Professoren der Fakultät. Es stehen dort 50 vorgedruckte Namen. Der Name des Nachfolgers von Foerster, Hermann Struve, wurde unten handschriftlich nachgetragen.

Alle befragten Professoren haben sich durch einen Eintrag im Formblatt mit dem Antrag einverstanden erklärt, meist mit dem Kürzel „einv.“ und ihrer eigenhändigen Unterschrift oder ihrem abgekürzten Namenszeichen. Nur ein Professor war laut Eintragung erkrankt, ein anderer beurlaubt. Bauschinger und Foerster haben als „Antragsteller“ naturgemäß nicht unterzeichnet. Die Fachrichtungen der einzelnen Professoren führen wir in Kapitel 19.7 auf.

Der Umlauf wurde überraschend schnell durchgeführt (in weniger als zwei Wochen). Das war auch nötig, wenn Wegener am 24. November geprüft werden sollte, denn nach § 10 der Promotionsordnung durfte die „Zulassung zur mündlichen Prüfung ... erst erfolgen, nachdem die Dissertation durch die Fakultät [*d.h. die Mehrheit der Professoren*] angenommen“ worden war.

⁵⁶Auf dem Formblatt des Umlaufs ist das Prädikat dann in der amtlichen (Kurz-)Form als „laudabile“ angegeben

8.3 Verlauf der mündlichen Doktorprüfung (Rigorousum)

Die mündliche Doktorprüfung (Rigorousum) von Wegener fand am 24. November 1904 statt. Den Text des Protokolls dieser Prüfung edieren wir in Kapitel 19.7; einen Scan geben wir in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)) wieder.

In der Überschrift wird auf das Prädikat der Dissertation („laudabile“) hingewiesen. Als Prüfer („Examinatoren“) werden Bauschinger, Foerster, von Bezold und Dilthey aufgeführt. Aus uns unbekannten Gründen hat aber dann von Bezold vor Foerster geprüft.

Die Prüfung im Hauptfach Astronomie erfolgte in zwei Teilen, erst durch Bauschinger, später durch Foerster. Im Nebenfach Meteorologie prüfte von Bezold, in Philosophie Dilthey. Bei allen diesen Professoren hatte Wegener Vorlesungen gehört (siehe Kapitel 3.2).

Die Prüfung eröffnete Bauschinger mit Fragen aus dem Bereich der Himmelsmechanik. Ausführlich wurden Methoden der sogenannten speziellen Störungen behandelt. (Die „speziellen“ Störungen der Bahn eines Planeten, Asteroiden oder Kometen werden durch numerische Integration der entsprechenden Terme berechnet. Siehe z.B. Bauschinger (1906, S. 474 ff).) Anschließend wurden „kursorisch“ die Verfahren der „absoluten“ Störungen besprochen. (Bei den „absoluten“ Störungen der Bahn versucht man, die Störeffekte analytisch mit Hilfe von Reihenentwicklungen auszudrücken.) Diskutiert wurden auch die Bahnbestimmung der Himmelskörper und die Ausgleichsrechnung. (Die Ausgleichsrechnung, d.h. die Methode der kleinsten Quadrate, wird angewandt zur möglichst genauen Bestimmung der Bahn aus vorliegenden Beobachtungen.) Bauschinger schließt: „Kandidat war in den meisten Gebieten gut bewandert, der Ausfall des Examens ein befriedigender“.

Im Nebenfach Meteorologie prüfte von Bezold. Er befragte Wegener zur Verteilung der Sonnenstrahlung auf die einzelnen Zonen der Erde, sowohl im Jahresmittel als auch in den einzelnen Jahreszeiten. Speziell wurde das Verhalten der Polargegenden während der Sommersonnenwende diskutiert. Es schlossen sich Fragen zur Bewölkung an. Von Bezold urteilt zusammenfassend: „Die Antworten waren sehr befriedigend“.

Als Dritter prüfte Foerster. Themen waren die Geschichte der Astronomie und die geographische Ortsbestimmung. „Das Ergebnis war recht befriedigend.“

Zuletzt prüfte Dilthey in Philosophie. Er fragte Wegener „über die Entwicklung der Begriffe von der Verfaltung⁵⁷ des Weltgebäudes im Alterthum“. Dilthey fand Wegener „gut unterrichtet und klar und scharf in seinem Denken“.

⁵⁷Das entsprechende Wort ist im Original schwer zu entziffern. Wir lesen es als „Verfaltung“. Allerdings ist uns die Bedeutung dieses Begriffes hier nicht völlig klar. Gemeint sein könnte „Gliederung“, „Vielfalt“, „innerer Zusammenhang“.

Unten auf der Seite steht dann das Gesamtergebnis der Prüfung: „magna cum laude“. Aus einem Schriftvergleich schließen wir, daß Bauschinger dies protokolliert hat.

Nach § 14 der Promotionsordnung erfolgt die Feststellung des Gesamtergebnisses der Prüfung durch Abstimmung der anwesenden Fakultätsmitglieder. Welche und wieviele Professoren bei der mündlichen Prüfung Wegeners tatsächlich anwesend waren, wissen wir nicht. Nach dem Fakultäts-Umlauf hätten es fast 50 sein können.

Auch der Nachfolger von Foerster, Hermann Struve, der ab Beginn des Wintersemesters 1904/05 der Fakultät angehörte, hatte dem Antrag zugestimmt und war vermutlich bei der Sitzung anwesend. Ob er dabei einen mündlichen Kommentar zu Wegeners Promotion abgab, wissen wir nicht.

Für uns ist die Ermittlung der Gesamtnote „sehr gut (magna cum laude)“ für Wegeners Promotionsprüfung nicht direkt nachvollziehbar. Da die Note der Dissertation „gut (laudabile)“ war, muß die mündliche Prüfung insgesamt als sehr gut eingestuft worden sein, um zu dem Gesamtergebnis „sehr gut“ zu gelangen. Offenbar beschrieb das Wort „befriedigend“ in den Protokollen von drei der einzelnen Prüfungen damals eine sehr gute Leistung. Wir verbinden dagegen heute mit der Einstufung „befriedigend“ (Bauschinger), „sehr befriedigend“ (von Bezold) und „recht befriedigend“ (Foerster) nicht unbedingt ein „sehr gut“. Selbst Diltheys positives Urteil klingt für uns heute nicht wie „sehr gut“. Wahrscheinlich war eben der damalige Sprachgebrauch von unserem heutigen etwas verschieden. Wer die Gesamtnote vorschlug, ist uns nicht bekannt. Vermutlich war es der Dekan Erman als Leiter der Fakultäts-Sitzung. Diesem Vorschlag hat die Mehrheit der anwesenden Professoren offensichtlich zugestimmt. So erhielten Wegeners Leistungen im Promotionsverfahren abschließend das Gesamt-Prädikat „sehr gut (magna cum laude)“.

8.4 Abschluß der Promotion

Nach der am 24. November 1904 bestandenen mündlichen Doktor-Prüfung (Rigorosum) konnte Wegener seine Dissertation drucken lassen.

Über die Abänderungen der Druckausgabe gegenüber der eingereichten handschriftlichen Version der Dissertation haben wir keine genauen Informationen, da uns die ursprüngliche Version nicht vorliegt. Eine Änderung betrifft den Titel der Arbeit. Dort ist jetzt der Zusatz „für den Gebrauch eines modernen Rechners“ angefügt worden. Vermutlich wurde diese Änderung nicht von Wegener selbst angestrebt, sondern geschah auf Wunsch der Fakultät, insbesondere von Bauschinger. Wir finden, daß diese Ergänzung im Grunde hilfreich ist, um aus dem Titel bereits eine bessere Vorstellung über den Inhalt der Arbeit zu erhalten. Allerdings finden wir das Wort „Rechner“ nicht besonders glücklich gewählt (siehe Kapitel 7.2). Ferner ist auf Seite 7 eine Fußnote mit dem Hinweis auf die Zeitschriftenarbeit von Wegener (1905b) hinzugefügt.

Der Druck der Dissertation erfolgte bei der Druckerei E. Eberling in Berlin. Die Höhe der Auflage betrug vermutlich ca. 300 bis 400 Stück. Ungefähr 200 Exemplare mußte Wegener als Pflichtexemplare an die Universität liefern, einige Dutzend Exemplare wird er für eigene Zwecke (z.B. Geschenkexemplare) benötigt und behalten haben, der Rest könnte für einen Verkauf über den Buchhandel bestimmt gewesen sein. Die Kosten für den Druck mußte Wegener tragen. Aus einem vergleichbaren Fall aus dem Jahre 1902 kennen wir eine Summe von knapp 300 Mark.

Erst nachdem die Fakultät die vorgeschriebene Anzahl von Pflichtexemplaren erhalten hatte, wurde die eigentliche Promotion in einem speziellen „Promotionsakt“ vollzogen. Hierzu gab es ab 1904 neue Richtlinien, die wir aber nur aus der Sekundärliteratur kennen.

Dieser offizielle Promotionsakt fand für Wegener (und vermutlich einige weitere Doktoranden) am Sonnabend, dem 4. März 1905 statt. Der Dekan der Philosophischen Fakultät hielt in der alten Aula der Universität eine Ansprache in deutscher Sprache (vorher war Latein üblich). Der Dekan, der Ägyptologe Adolf Erman, überreichte dann das Doktordiplom (siehe Fig. 39) und sprach die Glückwünsche der Fakultät aus. Dann wurde der frisch gekürte Doktor mit feierlichem Handschlag verpflichtet, die Doktor-Würde vor jedem Makel zu bewahren und jederzeit hochzuhalten. Der feierliche Promotionsakt war öffentlich und wurde daher sicher von den Eltern, Verwandten und Freunden der neuen Doktoren gerne besucht.

Die Kosten für den Druck der Promotionsurkunde mußte Wegener ebenfalls tragen (ca. 20 Mark). Ferner war ein Trinkgeld an den Hausmeister („Pedell“) für seine Tätigkeit bei der Feier (vermutlich u.a. für das Tragen und Halten des Szepters der Fakultät) üblich.

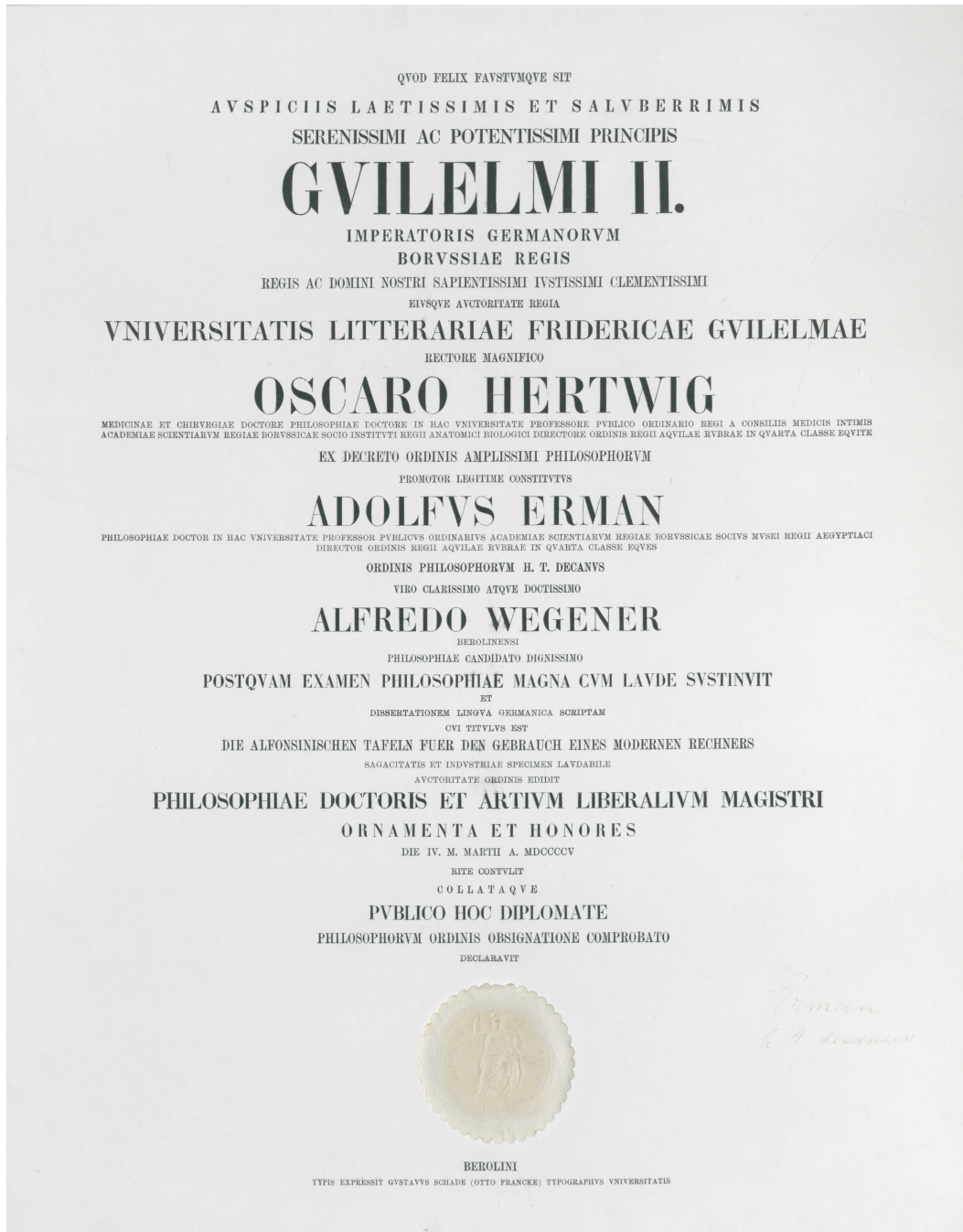


Fig. 39. Promotionsurkunde für Alfred Wegener vom 4. März 1905,
ausgestellt von der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin.
Quelle: Archiv für deutsche Polarforschung/Alfred-Wegener-Institut,
NL 2 U Nr. 9, Nachlass Alfred Wegener.

Erst seit dem 4. März 1905 durfte Wegener offiziell den Doktor-Titel führen. Wie das Doktordiplom vermerkt, konnte sich Wegener jetzt nicht nur „philosophiae doctoris“ (Doktor der Philosophie, Dr. phil.) nennen, sondern war auch noch „artium liberalium magistri“ (d.h. Magister der freien Künste).

Im Laufe des März und April 1905 verschickte Wegener dann auch eine Reihe von Geschenkexemplaren seiner Dissertation mit dem handschriftlichen Eintrag: „Überreicht vom Verfasser“ (siehe Kapitel 8.5.1).

8.5 Nachwirkung von Wegeners Dissertation

8.5.1 Verbreitung von Wegeners Dissertation

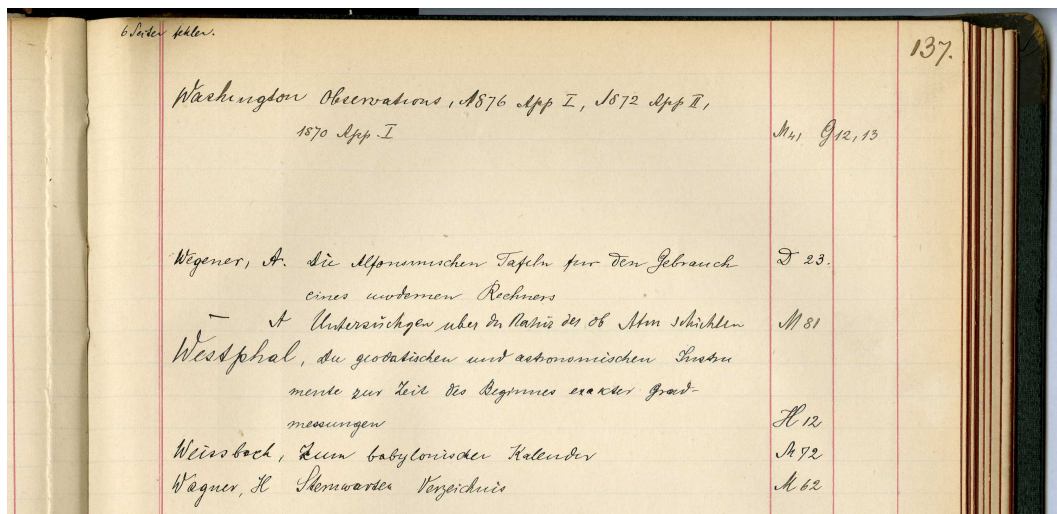


Fig. 40. Ausschnitt aus Seite 137 des Katalogs der Separata des Astronomischen Rechen-Instituts zu Berlin. Die Dissertation von Wegener ist dort unter der Signatur (Ablage-Nummer) D 23 aufgeführt.

Wegener hat dem Astronomischen Rechen-Institut selbstverständlich ein Exemplar seiner Dissertation zukommen lassen. Dies beweist die Inventarisierung seiner Dissertation im Berliner Katalog der Separata des Astronomischen Rechen-Instituts unter der Signatur „D 23“. Ob es sich bei diesem Exemplar um ein Privat-Exemplar von Bauschinger handelte oder um ein Extra-Exemplar für das ARI, wissen wir nicht.

Das Exemplar der Dissertation mit der Signatur D 23 ist nicht über Ser-muth nach Heidelberg gelangt. Daher besitzt das Astronomische Rechen-Insti-

tut in Heidelberg leider kein Exemplar von Wegeners Dissertation. Für den im Supplement (R. und U. Wielen (2017b)) gezeigten Scan von Wegeners Dissertation diente das Exemplar der Universitätsbibliothek Heidelberg, das sich seit 1905 dort befindet, als Vorlage.

Wir haben zunächst vermutet und gehofft, daß das Berliner ARI-Exemplar nach 1945 in den Besitz des östlichen Teils des ARI gelangt ist und sich noch heute in Babelsberg befindet. Das ist nach Auskunft von Frau von Berlepsch (Leiterin der Bibliothek des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam (Astrophysikalisches Institut Potsdam, AIP)) aber nicht der Fall. Dafür besitzt das AIP zwei andere Exemplare der Dissertation. Das eine Exemplar stammt aus der aufgelösten Bibliothek des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP). Es wurde im AOP am 26. April 1905 inventarisiert und trägt den handschriftlichen Eintrag „Überreicht vom Verfasser“. Am AOP wirkte Julius Scheiner (1858-1913), bei dem Wegener seine erste Astronomie-Vorlesung gehört hatte. Das zweite Exemplar des AIP stammt aus dem Nachlaß von Gustav Witt (1866-1946). Es trägt ebenfalls den handschriftlichen Eintrag „Überreicht vom Verfasser“. Witt hatte von 1893 bis 1900 als Astronom an der Urania-Sternwarte gearbeitet, an der 1902/03 auch Wegener tätig war. Beide kannten sich also vermutlich sehr gut, denn Witt hat den Kontakt zur Urania und zur Astronomie genererell auch nach 1900 nicht verloren. Insbesondere promovierte Witt ebenfalls im Jahre 1905 (am 28. Oktober) bei Bauschinger. Das Thema von Witts Dissertation lautete: „Untersuchung über die Bewegung des Planeten (433) Eros“. Den Kleinen Planeten Eros, der der Erde viel näher kommen kann (bis auf ca. 0.15 Astronomische Einheiten) als die normalen Asteroiden des Hauptgürtels, hatte Witt selbst 1898 auf der Berliner Urania-Sternwarte auf photographischem Wege entdeckt.

Erstaunlich ist, daß Wegener der Bibliothek der Berliner Sternwarte kein Exemplar seiner Dissertation zukommen ließ. Jedenfalls ist in der Bibliothek des AIP kein Exemplar aus der früheren Sternwarten-Bibliothek überliefert, was normalerweise zu erwarten wäre. Vielleicht hat Wegener nur Wilhelm Foerster ein Exemplar gewidmet. Foerster war aber 1905 schon nicht mehr Direktor der Sternwarte und wohnte dort auch nicht mehr. Zu Foersterns Nachfolger seit Oktober 1904, Hermann Struve (1864-1920), hatte Wegener vermutlich kein persönliches Verhältnis. Vielleicht hat hier die Haltung von Foerster auf Wegener abgefärbt. Foerster scheint Struve als seinen Nachfolger nicht besonders geschätzt zu haben. Jedenfalls erwähnt Foerster Hermann Struve in seinen Lebenserinnerungen von 1911 nicht ein einziges Mal.

Die Humboldt-Universität Berlin als Nachfolgerin der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin besitzt natürlich Exemplare von Wegeners Dissertation. Eines befindet sich in der Promotionsakte von Wegener im Archiv der Universität und ein weiteres in der Universitätsbibliothek.

Wir haben nicht versucht, umfassend zu untersuchen, wo überall sich heute sonst noch Exemplare von Wegeners Dissertation nachweisen lassen. Dies wird dadurch sehr erschwert, daß die meisten online-Kataloge von Bibliotheken (OPACs) alte Dissertationen nicht (oder noch nicht) enthalten. Man kann aber davon ausgehen, daß die meisten Universitäten im (damaligen) deutschen Sprachraum ein Exemplar von Wegeners Dissertation im Wege des gegenseitigen Schriftenaustauschs erhalten haben. Die Universitätsbibliothek Heidelberg ist dafür ein gutes Beispiel. Weitere Beispiele sind die Universitäten Berlin (TU), Bonn, Freiburg, Göttingen, Leipzig. Manche jüngeren Universitäten besitzen allerdings ebenfalls ein Exemplar der Dissertation, offensichtlich aus anderen Quellen als dem universitären Schriftenaustausch. In Österreich weist zur Zeit nur die Universität Innsbruck, an der ja Wegener ein Semester lang studiert hat, ein Exemplar von Wegeners Dissertation nach. In der Schweiz haben wir nur in der Universitätsbibliothek Zürich einen Hinweis auf seine Dissertation gefunden. Nach dem weltweiten Sammel-Katalog „WorldCat“ besitzen aber auch zahlreiche Universitäten im nicht-deutschsprachigen Ausland Wegeners Dissertation.

Das gleiche Problem tritt bei anderen wissenschaftlichen Einrichtungen auf. Auch dort sind Dissertationen (vor allem alte) aus verschiedensten Gründen oft nicht online nachgewiesen. Selbstverständlich besitzt das Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven ein Exemplar von Wegeners Dissertation. Die Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz in Berlin und die Bayerische Staatsbibliothek in München besitzen die Dissertation. In Bezug auf Sternwarten haben wir in Deutschland zusätzlich zu den beiden Potsdamer Exemplaren bisher nur ein einziges weiteres Exemplar ausfindig machen können, und zwar in der Hamburger Sternwarte. Auch die Heidelberger Sternwarte besitzt kein Exemplar der Dissertation. Im Ausland besitzt die Bibliothek der amerikanischen Marine-Sternwarte (U.S. Naval Observatory) in Washington DC die Dissertation.

Wegeners Dissertation war auch im regulären Buchhandel erhältlich. Im Werk ist zwar nur die Druckerei (E. Ebering in Berlin NW, Mittelstr. 29) angegeben. Im Berliner Adressbuch für 1905 firmiert Ebering aber als „Verlagsbuchhandlung und Buchdruckerei“ und hat daher sicher auch den Vertrieb der Dissertation über den Buchhandel übernommen. Wie hoch der Buchhandelsumsatz war, wissen wir nicht, schätzen ihn aber auf weniger als hundert Exemplare, die vermutlich überwiegend an ausländische Universitäten und Bibliotheken gingen. Dies würde erklären, warum Wegeners Dissertation nur sehr selten in Antiquariaten angeboten wird.

Wenn man die Verbreitung von Wegeners Dissertation mit der anderer Doktorarbeiten aus der gleichen Zeit vergleicht (z.B. mit der in Kapitel 5.1 erwähnten Dissertation von Münch), dann kann man feststellen, daß sie eine völlig durchschnittliche Verbreitung erfahren hat. Der Ruhm Wegeners kam eben erst viel später, als seine Dissertation nicht mehr zu kaufen war. Außerdem

hat das astronomische Thema der Dissertation nichts mit seiner Theorie der Kontinentaldrift zu tun und regte damit auch später keine Interessenten aus dem Bereich der Geologie zum Erwerb an. Erst in den letzten Jahren wird Wegeners Dissertation als Nachdruck (z.B. im Verlag ReInk Books als Print-on-Demand) angeboten (teilweise für nur EUR 5,60!).

8.5.2 Nutzung von Wegeners Dissertation durch andere Autoren

Wir stellen uns jetzt die Frage: Haben andere Autoren aus Wegeners Dissertation wissenschaftlichen Nutzen gezogen, d.h. haben sie deren Resultate für ihre eigenen Forschungsarbeiten verwendet? Wir haben leider den Eindruck gewonnen, daß dies nur in äußerst geringem Umfange geschehen ist.

Damit eine Arbeit von anderen Autoren nach ihrem Erscheinen zunächst überhaupt zur Kenntnis genommen wird, ist ihre Aufnahme in „Referate-Organen“, die erschienene Publikationen auflisten und zum Teil auch referieren, sehr wichtig, und gegebenenfalls Rezensionen des Werkes in Zeitschriften.

In dem 1905 weltweit wichtigsten Referate-Organ der Astronomie, dem damals von einem Mitarbeiter des Astronomischen Rechen-Instituts, Adolf Berberich (1861-1920), herausgegebenen Werk „Astronomischer Jahresbericht“ (AJB) ist Wegeners Dissertation naturgemäß enthalten. Im Band 7 des AJB (erschienen 1906), der die Literatur aus dem Jahre 1905 nachweist, ist Wegeners Dissertation auf Seite 72 unter der Nummer 279 im 2. Kapitel „Geschichtliches“, § 8, aufgeführt und in einem Referat ausführlich und informativ beschrieben. Der Text zu Wegeners Dissertation im Astronomischen Jahresbericht lautet: „Da es bei der großen Verbreitung, die die Alfonsinischen Tafeln im Mittelalter besessen haben, bei geschichtlichen Untersuchungen gelegentlich wünschenswert sein kann, nach diesen Tafeln Planetenörter berechnen zu können, so hat es Verf. [*i.e.* Wegener] unternommen die Tafeln in einer Weise umzurechnen, daß eine Berechnung danach sich nach modernem Rechenschema erledigen läßt, ohne daß der Berechner sich erst in die mittelalterliche, nicht ohne weiteres verständliche Form der Tafeln hineinarbeiten muß. Dem Verf. haben für seine Arbeit ein Pariser Druck von 1553 und vier Venediger Ausgaben von 1483, 1492, 1518 und 1524 vorgelegen. Daneben hat er aber auch noch andere Schriften der damaligen Zeit zur Darlegung der Theorie, die er den 16 auf 18 Seiten zusammengestellten Tafeln vorausschickt, benutzt.“

Wegeners Dissertation ist zwar auch in allgemeinen Listen, die für das Jahr 1905 alle Doktorarbeiten an deutschen Universitäten bzw. die gesamte deutsche Literatur dieses Jahres aufführen, enthalten. Diese Listen wurden aber vermutlich eher von Bibliothekaren als von Wissenschaftlern beachtet. In der heute international wichtigsten Bibliographie astronomischer Arbeiten, der amerika-

nischen Datenbank ADS (Astrophysics Data System) von SAO und NASA, ist Wegeners Dissertation bisher nicht enthalten. Für alte Arbeiten, und insbesondere für Dissertationen, ist ADS leider zum Teil unvollständig.

Die Rezension von Neugebauer (1905b) ist drei Seiten lang. Sie betrifft nicht nur die Dissertation Wegeners, sondern auch seine nachfolgende Zeitschriften-Arbeit. Allerdings ist der Artikel von Neugebauer ungewöhnlich. Die beiden Arbeiten Wegeners werden nur relativ kurz und positiv beschrieben. Der Hauptteil von Neugebauers Artikel ist eine Anwendung von Wegeners umgerechneten Tafeln. Dabei werden für zahlreiche Zeitpunkte im Zeitraum von 1310 bis 1331 die Positionen von Sonne, Mond und Planeten aus den Alfonsinischen Tafeln mit entsprechenden modernen Werten verglichen. Für die Berechnung der modernen Werte benutzt Neugebauer seine gerade publizierten eigenen „abgekürzten“ Tafeln (1904, 1905a), die genäherte Werte mit für den Vergleich ausreichender Genauigkeit (ca. $\pm 0.1^\circ$) liefern. Neugebauer schließt aus diesem Vergleich, daß die Alfonsinischen Tafeln „eine für die damalige Zeit genügende Genauigkeit liefern“. Wir verweisen dazu auf unsere Ausführungen in den Kapiteln 16 bis 18.

In der Zeitschrift „Astronomische Nachrichten“, Band 169 (1905), Seite 239, wird die Arbeit unter „Literarische Anzeigen“ gelistet und in einem Satz rezensiert: „Die eingehende Erörterung der Alfonsinischen Tafeln kann als wichtiger Beitrag zur Geschichte der Astronomie angesehen werden“. Diese Bemerkung des Herausgebers der AN, Kreutz, wird dem Inhalt von Wegeners Dissertation in keiner Weise gerecht.

Es ist sehr schwierig festzustellen, ob eine ältere astronomie-historische Arbeit wie Wegeners Dissertation von anderen Autoren benutzt oder wenigstens zitiert wird. Für neuere Arbeiten könnte im Prinzip hier die oben genannte ADS-Datenbank hilfreich sein, da diese nachweist, welche anderen Arbeiten eine bestimmte Veröffentlichung zitiert haben. Da aber Wegeners Dissertation im ADS nicht enthalten ist, entfallen derartige Verweise. Falls seine Dissertation in „nichtastronomischen“ Publikationen zitiert wird, ist unsicher, ob diese Arbeiten in den astronomischen Bibliographien, die wir hauptsächlich herangezogen haben (vom AJB bis ADS), überhaupt erfaßt wurden.

Im Zeitalter des Internets können Suchmaschinen helfen, Zitate von Wegeners Dissertation zu lokalisieren (über die Suche nach Autor und Titel der Arbeit). Dies hat sich in unserem Falle als sehr wirksame Suchmethode herausgestellt. Allerdings findet man so überwiegend Wegener-Biographien und allgemeine Arbeiten über den Autor. Die Zitate seiner Dissertation sind dort jedoch nur „Informationen“ über Wegeners Werdegang und keine „Nutzung“ seiner Dissertation im von uns hier gemeinten Sinne.

Die erste Anwendung der umgerechneten Tafeln hat Neugebauer (1905b) im Rahmen seiner Rezension der beiden Arbeiten von Wegener (1905a, 1905b)

durchgeführt (siehe oben). Neugebauers Vergleich von Resultaten nach Wegeners Tafeln mit modernen Werten besprechen wir ausführlich in Kapitel 18.1.

Recht intensiv hat Stegemann (1948) Wegeners umgerechnete Alfonsinischen Tafeln in seiner Arbeit zum „Astronomischen Kalender“ von 1448 benutzt. Wir gehen darauf in Kapitel 17 näher ein.

Goldstein (1982) hat ein Ergebnis Wegeners, nämlich den umgerechneten Wert der täglichen mittleren Bewegung der Sonne, als Bestätigung seiner eigenen Umrechnung herangezogen (siehe Kapitel 5.2.4).

Kokott (1995, S. 169, Fußnote 25) erwähnt kurz, daß er mit Hilfe der umgerechneten Tafeln von Wegener gewisse Zahlenwerte in dem Werk von Johannes de Saxonia, „Alcabitii Ad Magisterium iudicorum astrorum Isagoge“ (Paris, 1521), überprüft und Übereinstimmung gefunden habe.

In einem populärwissenschaftlichen Artikel von Weber (1951) über die Alfonsinischen Tafeln wird deren Umrechnung durch Wegener kurz gestreift.

Wir haben wahrscheinlich nicht alle Anwendungen von Wegeners Dissertation in der Literatur aufgespürt. Aber eventuelle umfangreichere Nutzungen sollten uns eigentlich nicht entgangen sein. Wenn dem so ist, dann würde unser Kapitel 17.3 zu den intensivsten Anwendungen von Wegeners Dissertation gehören.

9 Schwachstellen und Wünschenswertes in Bezug auf Wegeners Dissertation

Wir halten Wegeners Dissertation für eine hervorragende Doktorarbeit. Sie liefert, wie gewünscht, ein sehr gutes Handwerkszeug zur einfachen Berechnung der Positionen von Sonne, Mond und Planeten nach den Alfonsinischen Tafeln. Dennoch wollen wir nicht verschweigen, daß seine Arbeit auch einige wenige Schwachstellen besitzt. Ferner hätten wir uns manches Zusätzliche gewünscht.

9.1 Flüchtigkeitsfehler in zwei Beispielen

Zwei der Beispiele, die Wegener in seiner Dissertation vorrechnet, enthalten je einen geringfügigen Rechenfehler.

Der erste Rechenfehler tritt in Wegeners Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge l der Sonne auf Seite 20 seiner Dissertation auf. Dort entnimmt er seiner Tafel VI aus Versehen den Wert der „aequatio solis“ $x = -2^\circ.163$ statt richtig $x = -2^\circ.157$. Ursache ist eine fehlerhafte Interpolation („in die falsche Richtung“). Damit ergibt sich ein um $0^\circ.006$ zu geringer Wert für l der Sonne (siehe Kapitel 14.1).

Der zweite Rechenfehler tritt in Wegeners Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge l des Mondes auf Seite 24 seiner Dissertation auf. Dort entnimmt er seiner Tafel VII aus Versehen mit dem „argumentum aequatum“ von $\alpha_{Mond} + x = 84^\circ.202$ einen falschen Wert für die „aequatio argumenti“ y_0 . Statt richtig $y_0 = -4^\circ.847$ benutzt Wegener den falschen Wert $y_0 = -4^\circ.864$. Ursache ist hier ebenfalls eine fehlerhafte Interpolation. Statt zwischen 84° und 85° interpoliert er in Tabelle VII zwischen 85° und 86° . Damit ergibt sich ein um $0^\circ.017$ zu geringer Wert für l des Mondes (siehe Kapitel 14.2).

Bei beiden Fehlern handelt es sich eindeutig um Rechenfehler, nicht um Druckfehler. Denn Wegener benutzt im weiteren Verlauf der Rechenbeispiele jeweils den fehlerhaften Wert. Wegen der fehlerhaften Länge l des Mondes ist auch die Breite b des Mondes geringfügig falsch, weil dort die Länge in die Rechnung eingeht. Auf Seite 35 der Dissertation müßte es für b des Mondes korrekt heißen $-1^\circ.144$ statt $-1^\circ.143$.

Weitere Rechenfehler Wegeners in seinen Beispielen oder an anderer Stelle sind uns nicht bekannt. Unsere Nachrechnungen stimmen mit seinen Werten gut überein. Nur bei der Breite der Venus besteht eine Differenz von $0^\circ.001$, offenbar aufgrund unterschiedlicher Rundungen.

Der Betrag der beiden Rechenfehler ist relativ gering und man könnte sie daher fast vernachlässigen. Rechenfehler des Autors sind aber in Beispielen besonders störend. Ein Nutzer der Wegenerschen Tafeln wird sich zunächst anhand der Beispiele in die Rechenvorgänge einarbeiten wollen. Wenn er dann auf ihm unverständliche Zahlenwerte stößt, weiß er zunächst nicht, ob er selbst nicht etwas falsch macht, bevor er dann hoffentlich zum Schluß kommt, daß doch das gegebene Beispiel einen Fehler enthält⁵⁸.

Die beiden Rechenfehler Wegeners deuten nach unserer Meinung darauf hin, daß er bei der Fertigstellung seiner Doktorarbeit unter Zeitdruck stand (siehe dazu unsere Ausführungen in Kapitel 9.2.1). Ihm fehlte offenbar Zeit zum Nachprüfen seiner Rechenbeispiele. Im Astronomischen Rechen-Institut war es für alle Mitarbeiter selbstverständlich, daß man jede seiner Rechnungen in geeigneter Weise auf mögliche Fehler hin überprüfte, notfalls durch Wiederholung des Rechenvorganges. Bauschinger hat sicher auch seine Studenten auf diesen Grundsatz hingewiesen.

In Wegeners Dissertation sind uns auch einige Druckfehler aufgefallen.

- (a) Auf Seite 33 muß die Überschrift der zweiten Kolumne im Rechenbeispiel für die Länge des Merkur statt μ_{Merkur} richtig α_{Merkur} lauten.
- (b) Auf Seite 42 ist im Beispiel für die Berechnung der Breite des Merkur in der zweiten Zeile ein falscher Wert für $\alpha - x$ abgedruckt (263.53 statt richtig 273.53). Die weitere Rechnung erfolgt dort aber mit dem korrekten Wert von $\alpha - x$.
- (c) In Tafel VI auf Seite 49 muß beim Argument 123 der Zahlenwert der „aequatio solis“ nicht 4.857, sondern 1.857 lauten.
- (d) In Tafel IX auf Seite 50 (Ungleichheit des Jupiter (Fortsetzung)) muß beim Argument 168 die Aequatio argumenti y_0 nicht 3.82, sondern 2.82 lauten.
- (e) In Tafel XIV auf Seite 52 muß in der Zeile für 5 Tage die Bewegung des Mondknotens nicht 9.27, sondern 0.27 lauten.

Unklar ist, ob Wegener diese Druckfehler in den Korrekturbögen seiner Dissertation übersehen hat oder ob dem Drucker die Fehler erst nach der Korrektur unterlaufen sind.

Ein eventuell später beigefügter „Errata“-Zettel zu den Fehlern ist uns in keinem Exemplar der Dissertation begegnet.

⁵⁸Diese Bemerkung gilt auch für die originalen Alfonsinischen Tafeln. Dort enthält das Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge l des Mondes zwei gravierende Fehler (siehe Kapitel 14.2).

9.2 Fehlender Vergleich der umgerechneten mit den originalen Tafeln

In Wegeners Dissertation fehlt uns ein exemplarischer Vergleich der Resultate, die man mit seinen umgerechneten Tafeln erhält, mit denjenigen Werten, die eine direkte Anwendung der originalen Tafeln ergeben. Wir halten das Fehlen eines solchen Vergleichs für einen deutlichen Mangel von Wegeners Dissertation. Denn der mögliche Nutzer seiner umgerechneten Tafeln möchte doch davon überzeugt werden, daß umgerechnete und originale Tafeln (im Rahmen der Rundungsgenauigkeit) die gleichen Werte liefern. Ein solcher Test sollte nicht dem Anwender überlassen werden, der sich ja dann doch in die Anwendung der alten Tafeln einarbeiten müßte. Natürlich kann der Anwender von Wegeners umgerechneten Tafeln der Richtigkeit dieser Werte „blind“ vertrauen. Aber die Demonstration ihrer Korrektheit anhand einiger ausgewählter Beispiele wäre für die meisten Nutzer sicher sehr beruhigend.

Wir wundern uns, daß die Betreuer der Dissertation, Bauschinger und Foerster, Wegener nicht darauf hingewiesen haben, daß ein Vergleich von Resultaten aus den umgerechneten Tafeln mit solchen aus den originalen Tafeln in der Dissertation eigentlich unverzichtbar sei. Eine Erklärung dafür kann aus unserer Sicht nur starke Zeitnot (siehe folgendes Kapitel 9.2.1) gewesen sein, wegen der beide Referenten auf den Wunsch nach einer entsprechenden Ergänzung der Arbeit verzichtet haben.

9.2.1 Fehlender Vergleich mit den beiden Beispielen in den originalen Tafeln

Das Fehlen eines jeglichen Vergleichs von Resultaten aus den umgerechneten Tafeln mit den originalen Alfonsinischen Tafeln (AT) ist umso erstaunlicher, als die AT von 1553 selbst doch zwei numerische Beispiele für ihre Anwendung geben: die Berechnung der ekliptischen Länge l der Sonne und des Mondes (siehe Kapitel 14, Fig. 46 bis 51). Genau für denselben Zeitpunkt gelten auch Wegeners Beispiele für die Länge von Sonne und Mond (Wegener (1905a, S. 19/20 und S. 23/24)).

Warum hat Wegener den so naheliegenden und für ihn eigentlich ganz einfachen Vergleich der Resultate der beiden Beispiele nicht in seiner Dissertation aufgeführt? Wir vermuten Folgendes: Wegener hat den Vergleich für sich selbst durchgeführt und dabei Diskrepanzen zwischen seinen Werten und denen in den AT1553 bemerkt. Er war bei der Fertigstellung seiner Dissertation dann aber wohl so stark unter Zeitdruck, daß er den Grund für die Diskrepanzen nicht rechtzeitig aufklären konnte. Deswegen hat er auf die Präsentation der Vergleiche in seiner Dissertation verzichtet.

Den Grund, warum Wegener bei der Einreichung seiner Dissertation unter Zeitdruck stand, kennen wir nicht. Aber sowohl seine Flüchtigkeitsfehler (Kapitel 9.1) als auch das Fehlen eines Vergleichs mit den AT1553 (Kapitel 9.2) sprechen sehr für die Existenz eines solchen Zeitdrucks. Wir vermuten, daß Wegener seine Dissertation so rechtzeitig im laufenden Sommersemester 1904 bei der Fakultät einreichen wollte, daß die Fakultät alle notwendigen Schritte dafür einleiten konnte, daß Wegeners mündliche Prüfung noch in den ersten Monaten des Wintersemesters 1904/05 stattfinden konnte. Wann die übliche Frist dafür ablief, ist uns leider nicht bekannt. Sie lag aber, wie Wegeners Abgabetermin, der 9. Juli 1904, beweist, offenbar kurz vor dem Beginn der Sommerferien 1904.

Den in Wegeners Dissertation fehlenden Vergleich seiner Beispiele mit den beiden Beispielen in den AT1553 holen wir in Kapitel 14 nach und klären dort auch die Ursachen der Diskrepanzen auf.

9.2.2 Fehlender Vergleich der restlichen Beispiele Wegeners mit den originalen Tafeln

Zusätzlich zu den in Kapitel 9.2.1 besprochenen Beispielen für die Länge von Sonne und Mond enthält Wegeners Dissertation auch Rechenbeispiele für die Länge von Merkur, Venus und Mars und für die Breite von Mond, Merkur, Venus und Mars. Aber auch hier fehlen Vergleiche mit den entsprechenden Werten aus der Anwendung der originalen Tafeln. Zwar enthalten die AT1553 keine Beispiele für diese Größen. Es wäre aber Wegener bei seiner guten Kenntnis der AT1553 ein leichtes gewesen, diese Zahlenwerte schnell selbst zu berechnen. Für die potentiellen Nutzer der Wegenerschen Tafeln wäre es eine zusätzliche Beruhigung gewesen, auch bei diesen Größen eine Übereinstimmung zwischen alten und neuen Tafeln gezeigt zu bekommen. Wieder war vermutlich Zeitmangel Grund für das Fehlen dieser Information.

Wir holen entsprechende Vergleiche (auch für Jupiter und Saturn) in Kapitel 15 nach.

9.3 Warum keine Anwendung der umgerechneten Alfonsinischen Tafeln auf den „Astronomischen Kalender“ für 1448 ?

Nach unserer Meinung stellt Bauschingers Datierung des „Astronomischen Kalenders“ (meist abgekürzt als „AK“) auf das Jahr 1448 den „Auslöser“ für Wegeners Dissertation dar. Denn Bauschinger vermutete zu Recht, daß die im AK gegebenen astronomischen Ephemeriden für Sonne, Mond und Planeten

direkt oder indirekt auf den Alfonsinischen Tafeln beruhen. Wir haben dies ausführlich in Kapitel 5.2.2 dargelegt.

Umso erstaunlicher ist es, daß der Astronomische Kalender für 1448 und seine Bearbeitung durch Bauschinger in Wegeners Doktorarbeit mit keinem Wort erwähnt wird. Wie konnte es dazu kommen?

Wegener hat mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit die Arbeit Bauschingers zur Datierung des AK gekannt. Sie war 1902 publiziert worden (Bauschinger (1902) in Zedler (1902)). Ein Kurzbericht über die Arbeit am AK war ferner 1902 im Tätigkeitsbericht des Astronomischen Rechen-Instituts (ARI) für 1901 (veröffentlicht in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft, 37. Jahrgang (1902), S. 80 bis 84) erschienen. Die entsprechende Passage im Tätigkeitsbericht des ARI für 1901 von Bauschinger auf Seite 81/82) lautet:

„Von den übrigen Arbeiten des Instituts seien folgende erwähnt:

Eine Sammlung von „Tafeln zur theoretischen Astronomie“, bearbeitet von dem Unterfertigten [*d.h. von Bauschinger*], ist fertiggestellt und gedruckt worden (Leipzig, W. Engelmann, 1901). Ferner hat das Institut zwei historische Arbeiten fördern können, zunächst eine auch für die Geschichte der Astronomie sehr bedeutsame Untersuchung des Herrn Prof. Grauert in München über die Weltuntergangsprophezeiungen des Mittelalters („Meister Johann von Toledo“, Sitzungsberichte der Münchener Akademie 1901). Eine das ganze Morgen- und Abendland der damaligen Zeit tief bewegende nahe Zusammenkunft aller alten Planeten im September 1186 ist auf Grund der Newcomb'schen Tafeln genauer festgelegt worden; die nothwendigen Rechnungen hat Herr Dr. Stichtenoth ausgeführt. Eine zweite, viel umfangreichere Rechnungen erfordernde Untersuchung betraf die Fixirung des Datums eines für die Geschichte der Buchdruckerkunst wichtigen Kalenderfragments, welches von Herrn Bibliothekar Dr. Zedler in Wiesbaden aufgefunden wurde und sich als der erste nachweisbare Druck Guttenberg's herausstellte; die nothwendigen auf Sonne, Mond und Planeten sich erstreckenden Rechnungen für die ersten vier Monate des Jahres 1448 haben Herr Dr. Stichtenoth und der Unterzeichnete [*d.h. Bauschinger*] ausgeführt. Die Publication erfolgt demnächst in den Schriften der Guttenberg-Gesellschaft.“.

Insbesondere diese für Astronomen sehr wichtige Zeitschrift „Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft“ war den Studenten in der Bibliothek und im Lesesaal des ARI frei zugänglich.

Ferner wurde Wegener sicher von Bauschinger persönlich (und vermutlich auch von Foerster) über die Arbeit zum AK unterrichtet. Auch andere Mitarbeiter des ARI haben Wegener gegenüber sicher die nur zwei bis drei Jahre

zurückliegende AK-Datierung erwähnt, nachdem sie Wegeners Dissertationsthema erfahren hatten.

Ein denkbarer Grund für die Nichterwähnung des AK in Wegeners Dissertation könnte sein, daß sich Bauschinger einen Vergleich der astronomischen Ephemeriden des AK mit den Alfonsinischen Tafeln für sich selbst, für einen anderen Mitarbeiter des ARI oder für eine weitere Doktorarbeit vorbehalten hat. Deswegen hätte Wegener aber natürlich Bauschingers AK-Arbeit trotzdem kurz erwähnen können. Vielleicht war Wegener aber über eine solche „Sperrre“ so verstimmt, daß er es vorzog, die AK-Arbeit überhaupt nicht zu erwähnen.

Eine andere Möglichkeit, warum der AK in Wegeners Dissertation nicht erwähnt wird, könnte folgender sein: Vielleicht hat ja Wegener doch seine umgerechneten Alfonsinischen Tafeln (AT) verwendet, um die in dem AK gegebenen Ephemeriden zu überprüfen. Wegener hätte dann, wie wir auch in Kapitel 17, festgestellt, daß man mit den aus den AT folgenden Ephemeriden die AK-Werte zwar ungefähr, aber nicht exakt reproduzieren kann. Um diesen Befund aufzuklären, reichte aber vielleicht die Zeit für Wegener nicht mehr aus (siehe unsere Ausführungen in Kapitel 9.2.1 zum Zeitdruck, unter dem Wegener stand). In diesem Falle haben Wegener und Bauschinger vielleicht entschieden, den Vergleich der Daten des AK mit denen aus den AT auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben.

In jedem Falle bleibt es für uns rätselhaft, warum niemand, weder Wegener, noch Bauschinger, noch jemand anderes aus dem ARI oder dessen Umfeld, nach dem Erscheinen von Wegeners Dissertation mit den gut handhabbaren umgerechneten AT einen Vergleich der AK-Daten mit AT-Ephemeriden vorgenommen hat. Uns ist zumindest keine entsprechende Publikation (vor Stegemann (1948)) bekannt.

Einen vollständigen Vergleich der astronomischen Angaben im „Astronomischen Kalender“ für 1448 mit entsprechend berechneten Ephemeriden aus Wegeners Alfonsinischen Tafeln geben wir in Kapitel 17.

10 Wegeners Artikel über die astronomischen Werke Alfons X.

10.1 Zur Entstehung des Artikels

Im selben Jahr wie Wegeners Dissertation (1905a) erschien in der Zeitschrift „Bibliotheca Mathematica. Zeitschrift für Geschichte der Mathematischen Wissenschaften.“ seine Arbeit „Die astronomischen Werke Alfons X.“ (Wegener (1905b)). Wir geben den Text dieses relativ langen Artikels (57 Seiten) im Supplement als Scan wieder (R. und U. Wielen (2017b, Kapitel 4).

Eine erste Version der Arbeit hatte Wegener am 9. Juli 1904 bei der Fakultät als zweiten Teil seiner geplanten Doktorarbeit eingereicht: „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons’ X“ (siehe Kapitel 4). Die Fakultät hat jedoch nur den ersten eingereichten Teil („Die Alfonsinischen Tafeln“) als Dissertation anerkannt (siehe Kapitel 8). Bauschinger hat aber in seinem Gutachten (Kapitel 8.2) darauf hingewiesen, daß die „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons X“ in einer mathematisch-historischen Zeitschrift veröffentlicht werden könnten. Bauschinger hat Wegener sicher auch direkt auf diesen Ausweg hingewiesen und vielleicht auch bereits die „Bibliotheca Mathematica“ als passende Zeitschrift vorgeschlagen. Sie veröffentlichte nicht nur Arbeiten zur Geschichte der Mathematik, sondern auch der Astronomie.

In seinem Vorwort („Vorbemerkung“) schreibt Wegener: „Als ich das Material zu meiner Arbeit: „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“ [*d.h. Wegeners Dissertation*] sammelte, sah ich mich genötigt, auch die geschichtlichen Daten über die astronomische Tätigkeit Königs ALFONS X von Castilien eingehender zu studieren, ...“. Im letzten Absatz des Vorworts bedankt sich dann Wegener beim Leiter der „Bibliotheca Mathematica“, dem schwedischen Bibliothekar und Mathematik-Historiker Gustav Eneström (1852-1924), daß er Wegener „die Fertigstellung dieser Abhandlung in der gegenwärtigen Form durch die lebenswürdige Angabe einer Reihe von neueren, das vorliegende Thema berührenden Arbeiten ermöglichte, ...“. Wir gehen daher davon aus, daß die in der Zeitschrift erschienene Arbeit eine verbesserte Version seiner 1904 bei der Fakultät eingereichten „Untersuchungen ...“ darstellt und vermutlich auch umfangreicher ist.

Das Heft der „Bibliotheca Mathematica“, in dem Wegeners Arbeit abgedruckt ist, erschien am 8. August 1905. Wir wissen leider weder, wann Wegener die erste Fassung seines Zeitschriftenartikels bei Eneström eingereicht hat, noch wann dies mit der endgültigen Version geschah. Wegener hat die definitive Entscheidung der Fakultät, seine eingereichten „Untersuchungen ...“

nicht als Teil seiner Dissertation zu akzeptieren, sicher offiziell frühestens nach seiner mündlichen Prüfung am 24. November 1904 erfahren. Die Erarbeitung der verbesserten und erweiterten Fassung für die Zeitschrift hat Wegener daher vermutlich erst Ende 1904 und in der ersten Hälfte des Jahres 1905 durchführen können.

Bei der Abfassung seines Artikels hat sich Wegener stark auf das von 1863 bis 1867 erschienene, fünfbändige Werk „Libros del saber de astronomía del rey D. Alfonso X. de Castilla“ von Rico y Sinobas gestützt. Wegener (1905b, S. 126) beschreibt die Aufmachung des großformatigen und umfangreichen Werkes als „Prachtausgabe“. Das Werk wurde zwischen November 1901 und Mai 1902 für die Bibliothek des Astronomischen Rechen-Instituts (ARI) beschafft (Kapitel 5.2.3). Die Initiative dazu ging sicher von Bauschinger aus, der darin zu Recht wichtige Informationen zum Gebrauch der Alfonsinischen Tafeln vermutete. Wegener hat wahrscheinlich für seine Studien zum Artikel die Bände aus der ARI-Bibliothek benutzt, die er dort als Doktorand leicht einsehen und gegebenenfalls entleihen konnte. Aber auch die Königliche Bibliothek zu Berlin (die spätere Preußische Staatsbibliothek) hat dieses Werk damals wohl besessen (Signatur: gr. 2" Ol 9581; Kriegsverlust (Zweiter Weltkrieg)).

Das Werk von Rico y Sinobas (1863-1867) ist auf Spanisch geschrieben. Für uns ist es daher bemerkenswert, wie gut sich Wegener dessen Inhalt erschließen konnte. Auf dem Gymnasium und durch seinen Vater hatte Wegener allerdings sehr gut Latein gelernt, was sicher hilfreich war. Ob er sich selbst genauere Spanisch-Kenntnisse aneignete oder die Hilfe anderer in Anspruch nahm, wissen wir nicht. Es gab damals wohl nur wenige Kommilitonen, die gleichzeitig gut Spanisch und hinreichend Deutsch konnten, und die zusätzlich noch wenigstens Grundkenntnisse in Astronomie besaßen.

10.2 Inhalt des Artikels

Der Zeitschriftenartikel beginnt mit einem Inhaltsverzeichnis:
[Die Seitenzahlen für das Original haben wir hinzugefügt.]

Vorbemerkung.	[Seite 129-130]
1. Das Zeitalter ALFONS X.	[Seite 130-133]
2. ALFONS Werke.	[Seite 133-140]
3. Das Lehrbuch von den astronomischen Instrumenten.	[Seite 140-164]
4. Die „Tabulae ALFONSinae“.	[Seite 164-171]
5. Die Tafelfragmente im IV. Bande der „Libros del saber“ etc.	[Seite 171-174]
6. Das kastilianische Original der ALFONSinischen Tafeln.	[Seite 174-185]

Wir wollen den Inhalt des Artikels hier nur sehr kurz andeuten. Wir halten uns dabei oft an Wegeners eigenen Text.

Den wesentlichen Inhalt der Vorbemerkung haben wir bereits in Kapitel 10.1 wiedergegeben.

1. Das Zeitalter ALFONS X.

Wegner beschreibt die Zeitumstände, unter denen die Werke Alfons X. in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts entstanden sind. Fast alle Quellen, aus denen Alfons X. und seine Beauftragten schöpfen konnten, waren maurisch-arabischen Ursprungs. Sie wurden in die altkastilianische Sprache übersetzt (nicht etwa in Latein).



Fig. 41. Alfons X. (1221-1284), der Weise. König von Kastilien und León von 1252 bis 1282. König des Heiligen Römischen Reichs von 1257 bis 1275. Hier gezeigt: Zweites (nach Posse: Drittes) deutsches Königssiegel. Durchmesser 98 mm. Auf der Vorderseite: ALFONSVS DEI GRACIA ROMANORVM REX SEMPER AVGVSTVS. Auf der Rückseite des Originals Text für Alfons X. als König von Kastilien. Replikat im Privatbesitz der Autoren.

2. ALFONS Werke

Die meisten Werke, die Alfons X. zugeschrieben werden, stammen nicht aus seiner Feder. Allerdings hat er selbst den Büchern oft ein Vorwort beigelegt.

Wegener führt zahlreiche Werke auf, die unter dem Namen Alfons X. genannt zu werden pflegen. Es handelt sich dabei um Gedichte, um philosophische, chemische, alchemistische, geschichtliche und juristische Schriften. Ferner um ein Schifffahrtsbuch und ein Spielbuch. Am meisten interessierte sich Alfons X. aber für Astronomie und Astrologie.

Wegener untersucht die Frage, welche Gelehrten am Hofe Alfons X. tätig waren. Im Gegensatz zu einer weit verbreiteten Meinung beschäftigte der König keine arabischen, sondern nur jüdische und christliche Gelehrte. Die jüdischen Mitarbeiter führten vermutlich die Übersetzungen der arabischen Originale aus; die christlichen stellten dann das endgültige Werk zusammen und fügten Änderungen und Erweiterungen hinzu.

Wegener beschreibt dann ausführlich die astronomischen und astrologischen Werke. Das bekannteste Werk seien die „tablas astronomicas“, die später als die Alfonsinischen Tafeln eine außerordentlich weite Verbreitung gefunden haben. Allerdings handelt es sich bei den in Rico y Sinobas (1863-1867) wiedergegebenen Zahlen-Tafeln nicht um die originalen Alfonsinischen Tafeln.

3. Das Lehrbuch von den astronomischen Instrumenten

In den Jahren 1276 und 1277 lies Alfons X. ein Lehrbuch der astronomischen Instrumentenkunde anfertigen. Es besteht aus einzelnen Teilen („Büchern“). Der König hatte die Absicht, ein allgemeinverständliches und in sich abgeschlossenes Werk zu schaffen. Mehrfach wird in den Vorworten der Bücher gesagt, daß der Leser zum Bau und zum Gebrauch der Instrumente hier alles notwendige finden und keine anderen Schriften zusätzlich benötigen sollte.

Handschriftliche Überlieferungen des Lehrbuchs sind sehr selten. Im Druck ist es erstmals im Werk von Rico y Sinobas (1863-1867) wiedergegeben.

Die Titel der einzelnen Teile lauten in deutscher Übersetzung:

Vier Bücher über die Sternbilder.
Das Buch vom Himmelsglobus.
Das Buch von den Armillen.
Das Buch vom sphärischen Astrolabium.
Das Buch vom ebenen Astrolabium.
Das Buch vom Atağir.
Das Buch von der Universal-Lamina.

Das Buch von der Açafeha.
 Zwei Bücher von den Laminas der sieben Planeten (Äquatorien).
 Das Buch vom Quadranten.
 Fünf Bücher von den Uhren:
 Sonnenuhr.
 Wasseruhr.
 Quecksilberuhr.
 Kerzenuhr.
 Studentempel.

Wegener beschreibt die einzelnen Teile des Lehrbuchs und die vorgestellten Instrumente ausführlich. Leider enthalten Wegeners Beschreibungen keinerlei Abbildungen. Die meisten seiner Leser werden sich daher die astronomischen Instrumente, wie z.B. eine Armille, die aus einer kugelförmigen Anordnung von mehreren Kreisen besteht (siehe Fig. 42), nur schwer vorstellen können. Im Original gab es durchaus Abbildungen und Figuren.

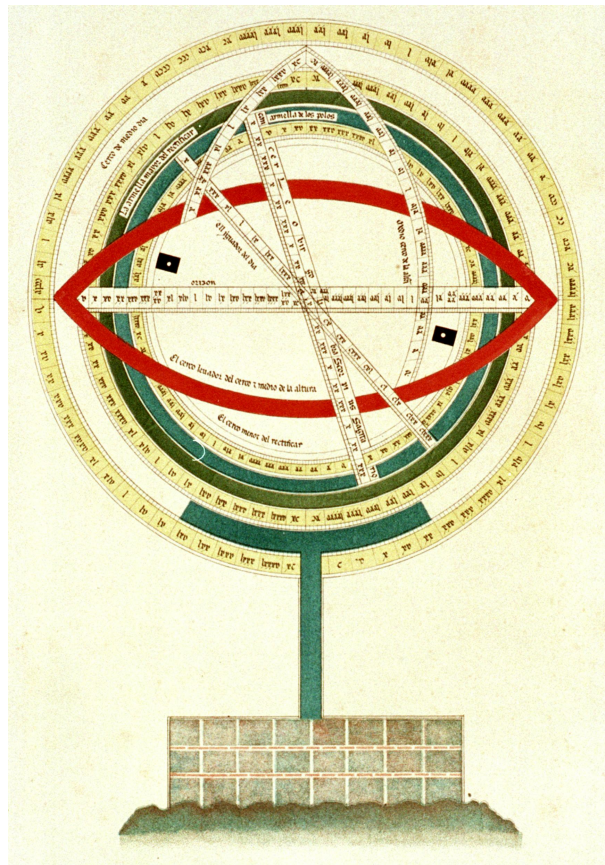


Fig. 42. Abbildung einer Armille
 aus Rico y Sinobas (1863, Band 2, zwischen S. 23 und S. 25)

4. Die „*Tabulae ALFONSinae*“.

Band 4 des Werkes von Rico y Sinobas enthält den originalen Erläuterungstext der kastilianischen Alfonsinischen Tafeln. Dagegen fehlen leider die zugehörigen Zahlen-Tafeln bei Rico y Sinobas. Sie sind bis heute auch nicht an anderer Stelle gefunden worden.

In der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts wurden die originalen Alfonsinischen Tafeln umgearbeitet und ins Lateinische übertragen. Hauptautor war Johannes de Saxonia. Dabei wurde auch die Darstellungsform völlig verändert, wie ein Vergleich mit dem kastilianischen Erläuterungstext zeigt.

Rico y Sinobas zählt 75 Handschriften der Alfonsinischen Tafeln auf. Wegener korrigiert die Zuordnung von zwei Nummern zur Berliner Königlichen Bibliothek (siehe unser Kapitel 6).

Nach der Einführung des Buchdrucks erschien eine große Anzahl von Druckausgaben der Alfonsinischen Tafeln. Wegener bespricht 13 Ausgaben detaillierter, von der ersten Ausgabe 1483 in Venedig bis zur letzten 1641 in Madrid. Die Ausgaben von 1521 bzw. 1524 sind Bearbeitungen der Tafeln durch Lucas Gauricus (1475-1558). Wegener benutzte für seine Umrechnung der Tafeln die Pariser Druckausgabe von 1553 (AT-1553 in unserem Literaturverzeichnis).

5. Die Tafelfragmente im IV. Bande der „*Libros del saber*“

In diesem Abschnitt des Artikels beschreibt und diskutiert Wegener die Zahlen-Tafeln im Band 4 von Rico y Sinobas („fragmentos numericos de las taulas Alfonsies“), die dort fälschlicherweise als die originalen Zahlen-Tafeln der Alfonsinischen Tafeln angesehen werden. Nach Wegener handelt es sich dabei vielmehr um eine primitive Art von periodischen, „immerwährenden Ephemeriden“ im Stil eines „Almanach perpetuum“ (siehe auch unser Kapitel 5.2.3).

6. Das kastilianische Original der ALFONSinischen Tafeln.

Im letzten Kapitel seines Artikels vergleicht Wegener den originalen kastilianischen Erläuterungstext, den Rico y Sinobas gibt, ausführlich mit den Texten der lateinischen Ausgaben. Dabei konzentriert er sich besonders auf die verwendeten Verfahren zur Berechnung der Präzession (einschließlich der Einführung der „Trepidation“).

10.3 Besprechungen und Zitierungen des Artikels

Der Zeitschriftenartikel Wegeners (1905b) wurde, genauso wie seine Dissertation (1905a), im Referate-Organ „Astronomischer Jahresbericht“ (AJB; siehe unser Kapitel 8.5.2) in dessen Band 7 (erschienen 1906, Literatur des Jahres 1905, Seite 72, Referat Nummer 278) ausführlich beschrieben. Der Text im AJB lautet:

„Die vorliegende Arbeit ist aus den Vorarbeiten, die Verf. [*d.h. Wegener*] für seine Dissertation „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“ (siehe Ref. No. 279) nötig hatte, entstanden. Verf. fand nämlich, daß die in neueren Geschichtswerken sich findenden Angaben über die astronomischen Werke Alfons X. von Kastilien so vielfach der Berichtigung bedurften, daß er allenthalben auf die Quellen zurückgehen mußte. Was er dabei über obiges Thema mit Wahrscheinlichkeit feststellen konnte, ist in diesem Aufsätze enthalten. Nach einer kurzen Vorbemerkung schildert Verf. das Zeitalter Alfons X. und bespricht dann seine Werke und zwar der Reihe nach das Lehrbuch von den astronomischen Instrumenten, die „*Tabulae Alfonsinae*“, die im IV. Bande der *Libros del saber* zu Unrecht als Tafelfragmente bezeichneten Ephemeriden, und endlich das kastilianische Original der Alfonsinischen Tafeln, wobei Verf. zu dem Ergebnis kommt, daß dasselbe wahrscheinlich um 1270 und nicht um 1252 fertig gestellt wurde.“

Eine ausführliche und fast enthusiastische Rezension des Zeitschriftenartikels von Wegener verfasste Jacobi. Max Jacobi (1882-1940) hatte 1904 an der Berliner Universität bei Foerster und Bauschinger im Fach Astronomie mit einer astronomie-historischen Arbeit über „Das Universum und seine Gesetze in den Lehren des Kardinals Nikolaus von Cusa. Ein Beitrag zur Geschichte der Naturphilosophie und Kosmologie in der Frührenaissance.“ promoviert (siehe Kapitel 5.2.1 und 5.2.2). Er hat daher Wegener sicher gut gekannt. Vielleicht hat er die Entstehungsphase des Wegenerschen Artikels sogar 1903/04 selbst mitverfolgen können. Die Rezension von Jacobi ist in der Zeitschrift „Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften“, 5. Jahrgang (1906), S. 42, erschienen. Ihr Text lautet:

„Die beiden letzterschienenen Hefte [*der Zeitschrift „Bibliotheca Mathematica“*] bergen wieder eine reiche Kärnerarbeit zur historisch-mathematischen Forschung. Ganz besondere Würdigung verdient vor allem der erschöpfende Aufsatz von Alfred Wegener über „die Astronomischen Werke Alfons X.“. Studien zur Promotionsarbeit regten den jungen Gelehrten auch zu einer sorgfältigen Untersuchung jener astronomischen Werke und Fragmente des Mittelalters an, die unter dem Namen des unglücklichen Königs Alfons X. einhergehen. Der weise Beherrscher Kastiliens war sicher mehr als Mäcen der mathematischen Wissenschaften. Er hat an der Redaktion der unter seiner Ägide herausgegebenen astronomischen Arbeiten tätigen Anteil genommen. Die von Rico wieder veröffentlichten „*Libros del saber de astronomia*“ bieten indessen ein zu un-

geklärtes Sammelsurium jener von Alfons X. angeregten Gelehrtenarbeit, um das Verdienst des Königs selbst einigermaßen scharf fixieren zu können. Wegener hat nun mit erstaunlichem Fleiß die abendländische Literatur über Alfons den Weisen und sein Lebenswerk gesichtet. Man wird bei der kulturhistorischen Wertung der wissenschaftlichen Tätigkeit des kastilianischen Fürsten stets berücksichtigen müssen, daß alle von ihm redigierten oder angeregten Arbeiten Kompilationen aus arabischen, hebräischen oder mittelbar griechischen Quellen sind. Trotzdem verdient sein „Lehrbuch von den astronomischen Instrumenten“ durchaus den teilnehmenden Gelehrtenfleiß Wegeners. Wir erhalten eine Menge wichtiger Berichtigungen zu den diesbezüglichen Angaben von Rud. Wolf und Herz (in seiner Geschichte die Bahnbestimmungen von Planeten usw. 1894), z.B. daß der Merkurdeferent in den *Libros del saber* nicht eine reguläre Ellipse, sondern eine mit einer Symmetrieachse, der Ap-sidenlinie, ausgestattete ovale Kurve ist. Ferner vertritt Wegener, meines Erachtens mit unwiderlegbaren Beweisen, die Ansicht, daß die in der Geschichte der theoretischen Astronomie so bedeutungsvollen *Tabulae Alphonsinae* erst um 1272 n. Chr. verfaßt sind. Die fadenscheinige Hypothese einer Umrechnung der angeblich schon um 1256 verfaßten Tafeln ist nur auf Grund irrtümlicher Textauslegung bei Abraham Zacuth, dem Lehrer des Rätius, aufgetaucht.- Die Arbeitsfrüchte Wegeners insgesamt zu würdigen, ist hier nicht der Raum. Seine äußerst lehrreiche Abhandlung, die erfreulicherweise durch einige, wenn auch nur bescheidene kulturhistorische Notizen plastische Gestaltung erhält, wird die etwas hindämmernde Geschichtsforschung der mittelalterlichen Astronomie hoffentlich zu neuem Leben erwecken. Alfred Wegener und A. A. Björnbo sind sicher dazu berufen, die hierzu erforderliche gelehrte Kleinarbeit von einem weitumfassenden Gesichtspunkte aus zu bewältigen und so auch den allein lebenskräftigen kulturhistorischen Zwecken zu dienen.

Charlottenburg.

Max Jacobi.“

Der Astronomie-Historiker Gingerich (1993, Seite 126, Fußnote 7) beurteilt Wegeners Artikel (1905b) in seiner (ursprünglich 1987 publizierten) Arbeit über 'Alfonso as a patron of astronomy' außerordentlich positiv. Er schreibt: „Wegener, who is better known for the theory of continental drift, has here in his doctoral research produced an invaluable analysis of Alfonso's astronomical corpus.“⁵⁹.

⁵⁹Dagegen kritisiert Gingerich (private Mitteilung von 2017) die Zielsetzung der Dissertation von Wegener (1905a), weil durch die Umrechnung der Alfonsinischen Tafeln in eine dezimale Form die großen Vorteile der sexagesimalen Form verloren gegangen seien. Bei aller Wertschätzung des raffinierten Systems der sexagesimalen Tabellen und der darauf aufbauenden Rechenverfahren der alten Tafeln teilen wir diese Kritik nicht. Wir haben sowohl mit Wegeners umgerechneten Tafeln als auch mit den originalen Tafeln (AT-1553) zahlreiche Positionen berechnet und finden, daß man mit den neuen Tafeln deutlich bequemer und dadurch auch zeitsparender arbeiten kann als mit den originalen Tafeln. So hat das auch Bauschinger in seinem Gutachten (Kapitel 8.2.1) gesehen.

Leider ist der Zeitschriftenartikel (1905b), ebenso wie Wegeners Dissertation (1905a), bisher nicht in der Datenbank ADS (Astrophysics Data System) von SAO und NASA enthalten. Dort ist daher eine Suche nach Zitierungen des Artikels nicht möglich. Bei einer Recherche im Internet haben wir über 20 Zitierungen des Artikels von Wegener gefunden. Viele davon stammen aus neuerer Zeit (bis einschließlich 2017). Die tatsächliche Anzahl von Zitierungen dürfte noch deutlich höher liegen.

Der Zeitschriftenartikel Wegeners (1905b) ist also deutlich häufiger zitiert worden als seine Dissertation (1905a), wenn man Zitate in Biographien über Wegener nicht berücksichtigt. Ein Grund kann die Verbreitung der Arbeiten in Bibliotheken sein. Insbesondere international ist dort die Zeitschrift „Bibliotheca Mathematica“ viel häufiger im Bestand als Wegeners Dissertation. Der Hauptgrund liegt jedoch sicher darin, daß die Dissertation nur dann intensiv gelesen wird, wenn man sie tatsächlich für Ephemeriden-Berechnungen nach den Alfonsinischen Tafeln benutzen will.

11 Preisausschreiben der Fakultät für 1905 und sein Gewinner Carl Schumacher

Am 3. August 1905 erhielt Carl Josef Schumacher den „Königlichen Preis“ der Philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin für die Bearbeitung der 1904 gestellten Preisaufgabe über die „Darstellung und Prüfung der Merkurtheorie des Ptolemäus“.

Das Thema dieser Preisaufgabe überschneidet sich in erheblichem Umfang mit den Studien, die Wegener als Vorbereitung für seine Dissertation durchführte. Insbesondere stehen die Alfonsinischen Tafeln, die Wegener bearbeitet hat, bis auf die benutzten Zahlenwerte noch weitestgehend auf dem Boden der Ptolemäischen Planetentheorie. Diese verwendete Theorie der Planetenbewegung wird von Wegener in seiner Doktorarbeit (Wegener 1905a) und in seiner weiteren Veröffentlichung (Wegener 1905b) zum Teil ausführlich beschrieben. Man fragt sich daher, ob⁶⁰ bzw. warum Wegener nicht an diesem Preisausschreiben teilgenommen hat.

Die Fakultäten der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin vergaben seit langer Zeit „Königliche Preise“ für den Gewinner der von ihnen ausgeschriebenen Preisaufgaben. Die Philosophische Fakultät vergab jährlich zwei Preise: einen für allgemein philosophische oder historische Themen und einen zweiten, bei dem sich jährlich mathematische und physikalische Themen abwechselten. An dem Wettbewerb durften nur Studierende der Berliner Universität teilnehmen⁶¹. Die Bearbeitung mußte innerhalb von neun Monaten (zwischen dem 3. August und dem 3. Mai des folgenden Jahres) erfolgen. Die feierliche Proklamation der Sieger fand auf der Geburtstagsfeier des Namenspatrons der Universität, König Friedrich Wilhelm III., am 3. August statt. Als sichtbare Anerkennung erhielten die Preisträger eine goldene Medaille im Wert von 25 Dukaten.

Die oben genannte Aufgabenstellung war 1904 (statutenmäßig vor dem 20. Juli 1904) von Wilhelm Foerster der Fakultät vorgeschlagen worden. Foerster war an dieser Thematik persönlich sehr interessiert. Bereits 1878 hatte der spätere Sonnenphysiker Paul Kempf (1856-1920) auf Anregung von Foerster mit einer Dissertation über „Untersuchungen über die Ptolemäische Theorie

⁶⁰Die Namen der Personen, deren Bearbeitung keinen Preis erhielt, wurden durch geeignete Maßnahmen geheim gehalten und sind daher in der Regel nicht überliefert

⁶¹Aus der entsprechenden Verordnung vom 16. September 1824 geht nicht eindeutig hervor, ob der Bearbeiter noch eingeschriebener Student der Berliner Universität sein mußte oder ob es auch genügte, früher dort studiert zu haben. Aus der Preisverleihung an Schumacher geht aber hervor, daß zumindest später letzteres der Fall sein konnte, denn Schumacher war nur bis zum Winter-Semester 1902/03 als Student an der Berliner Universität eingeschrieben.

der Mondbewegung“ an der Berliner Universität promoviert. Foerster hatte auch zahlreiche Vorlesungen über die antiken Planetentheorien gehalten.

Ein Grund, warum sich Wegener vermutlich nicht an dem Preisausschreiben für 1904/05 beteiligt hat, könnte Zeitmangel gewesen sein. Das Thema stand wohl erst Ende Juli 1904 fest (wenn ihm Foerster nicht vorher einen Hinweis gegeben hätte, was uns unwahrscheinlich erscheint, weil es gegenüber anderen Bearbeitern unfair gewesen wäre). Zu diesem Zeitpunkt hatte Wegener zwar bereits seine Doktorarbeit fertiggestellt und am 9. Juli 1904 bei der Fakultät abgegeben. Aber Wegener mußte sich vermutlich noch auf seine mündliche Prüfung in Astronomie, Meteorologie und Philosophie vorbereiten, die dann am 24. November 1904 stattfand. Außerdem ist überliefert, daß sich Wegener im August 1904 in der Sommerfrische im Norden Brandenburgs (Zechlinerhütte) und auf Segeltouren in Mecklenburg (Neustrelitz, Plau) befand (siehe Wutzke (1998, S. 13/14, Dokumente 001-1904 bis 003-1904) und Greene (2015, S. 58)). Diese Erholungspause war Wegener nach Abschluß seiner intensiven Arbeiten zu seiner Promotion sicher besonders willkommen.

Wegener wurde letztmals im Verzeichnis der Universität für das Wintersemester 1904/05 als Studierender aufgeführt⁶². Das Semester endete am 15. März 1905. Vorlesungen oder Seminare besuchte Wegener in diesem Semester (seinem 11. Semester) wohl nicht mehr. Denn Wegener war seit 1. Januar 1905 als Mitarbeiter am Preußischen Aeronautischen Observatorium angestellt. Damit blieb ihm auch nach seiner mündlichen Prüfung kaum noch Zeit für die Bearbeitung der Preisaufgabe. Außerdem war Wegener vermutlich im letzten Viertel des Jahres 1904 mit der Umarbeitung und Erweiterung seiner Arbeit über die astronomischen Werke Alfons X. für die geplante Zeitschriften-Veröffentlichung (Wegener 1905b) beschäftigt, deren ursprüngliche Fassung ein Teil seiner Doktorarbeit sein sollte (siehe Kapitel 4). Ferner schrieb Wegener auch an einem (allerdings relativ kurzen) Artikel über kosmologische Vorstellungen in der Philosophie (Wegener 1906⁶³). Vielleicht hatte Wegener aber auch einfach kein Interesse, seine Zeit in ein relativ aufwendiges Unterfangen mit doch ungewissem Ausgang (wie es ein Preisausschreiben nun einmal ist) zu investieren.

Schumacher hatte einen etwas ungewöhnlichen Werdegang. Er wurde am 25. Dezember 1874 in Minden in Westfalen als Sohn eines Feldwebels geboren und starb am 13. September 1929 im Alter von 54 Jahren in Sterkrade (heute ein Stadtbezirk von Oberhausen im Ruhrgebiet). Er studierte zunächst Philosophie und Theologie in Bonn und Paderborn. Am 16. April 1898 wurde er zum katholischen Priester geweiht. Nach kurzer Zeit als Seelsorger unterrichtete er an den höheren Stadtschulen in Niederarnsberg und Warstein. Im Jahr

⁶²Dies wird durch das Abgangszeugnis für Wegener der Berliner Universität vom 12. April 1905 bestätigt (Wutzke 1998, S. 14, Dokument 003-1905)

⁶³Das Manuskript des Artikels ist vom Februar 1905 datiert (Greene 2015, S. 608, Fußnote 65). Der Artikel ist aber erst 1906 erschienen (in zwei Teilen).

1900 bestand er die Prüfung als Rektor an Mittelschulen und höheren Mädchenschulen mit fremdsprachlichem Unterricht. In den Jahren 1901 bis 1903 unterbrach er seine Lehrtätigkeit für mathematisch-naturwissenschaftliche Studien an den Universitäten in Berlin und in Münster. In Berlin hörte er Vorlesungen in Astronomie (bei Bauschinger, Foerster, Lehman-Filhés, Marcuse und Scheiner) und in Mathematik und Physik. Er bestand 1903 die Lehrprüfung „pro facultate docendi“ und am 23. Januar 1905 die Prüfung für das höhere Lehramt in Preußen. Von 1905 bis 1909 gehörte er dem Pädagogischen Seminar des Gymnasiums in Arnsberg an und wurde 1909 Oberlehrer (Studienrat) am Realgymnasium in Sterkrade. 1913 erhielt er den Titel eines Gymnasial-Professors.

Neben seiner Lehrtätigkeit in Sterkrade promovierte Schumacher am 9. Dezember 1916 an der damals deutschen Universität in Straßburg bei Bauschinger mit einer Arbeit über „Untersuchungen über die ptolemäische Theorie der unteren Planeten (Merkur und Venus)“ (Schumacher 1917). Diese Arbeit war eine Erweiterung seiner unveröffentlichten Preisschrift von 1905.

Offenbar konnte Schumacher in Straßburg promovieren, ohne dort jemals Student gewesen zu sein. Vermutlich wurde ihm seine Studienzeit bei Bauschinger in Berlin als Äquivalent angerechnet. Warum hat Schumacher nicht in Berlin unter Begutachtung durch Foerster promoviert, auf dessen Vorschlag doch Schumachers Preisschrift von 1905 beruhte? Foerster mußte 1905 als Vorschlagender über sämtliche eingegangenen Arbeiten einen ausführlichen Bericht entwerfen, dem die Mehrheit der Professoren der Fakultät zustimmen mußte. Foerster hatte also Schumacher als Preisträger nominiert und fand dessen Arbeit am auszeichnungswürdigsten. Aber 1916 war Foerster bereits über 83 Jahre alt. Wir vermuten daher, daß er Schumacher bezüglich dessen Promotion an Bauschinger verwiesen hat, der seit 1909 Ordinarius in Straßburg war. Bauschinger kannte Schumacher und dessen Preisschrift aus seiner Berliner Zeit sicher noch sehr gut. Er hatte ja selbst über die moderne Bestimmung der Bahn des Merkur promoviert (Bauschinger 1884) und war offensichtlich bereit, Schumachers erweiterte Arbeit als Doktorarbeit anzuerkennen. In seiner Dissertation dankt Schumacher den Professoren Bauschinger und Foerster „für ihr gütiges förderndes Wohlwollen“.

Wegeners Dissertation (Wegener 1905a) und die anschließende Zeitschriftenveröffentlichung (Wegener 1905b) werden in Schumachers Doktorarbeit nur kurz in einer Fußnote zitiert (Schumacher (1917), S. 27).

Wegener und Schumacher sind sich sicher in Berlin begegnet. Beide sind gleichzeitig im Verzeichnis der Berliner Universität im Sommer-Semester 1902

und im Winter-Semester 1902/03 aufgeführt ⁶⁴. Beide haben auch astronomische Vorlesungen und Seminare bei Bauschinger und bei Foerster besucht. Trotz offensichtlich gemeinsamer Interessen scheint der Kontakt zwischen ihnen aber nicht sehr eng gewesen zu sein. Jedenfalls haben wir dafür keinen Beleg gefunden. Vielleicht gab es aus konfessionellen Gründen (Wegener als Sohn eines protestantischen Theologen, Schumacher als katholischer Priester) gegenseitige Zurückhaltung.

⁶⁴Allerdings fiel das Sommer-Semester 1902 noch in die zweite Hälfte von Wegeners Militärdienstzeit als „Einjährig-Freiwilliger“ in Westend bei Berlin. Er besuchte in dieser Zeit trotzdem die Berliner Universität als eingeschriebener Student.

12 Spätere Kontakte Wegeners zu Bauschinger und Foerster

Wegener hatte nach seiner Promotion nur relativ selten Kontakt zu den Betreuern seiner Dissertation, Bauschinger und Foerster. Dies mag daran liegen, daß Wegener 1905 nicht den Beruf eines Astronomen ergriff, sondern sich anderen Fachgebieten zuwandte. Er trat wohl deswegen auch nicht in die Astronomische Gesellschaft (AG) ein, auf deren jährlichen Tagungen man hätte zusammen treffen können. Allerdings sind sicher auch eine Reihe von Informationen und Dokumenten über Kontakte von Wegener mit seinen früheren Betreuern nicht überliefert.

12.1 Kontakt von Wegener zu Bauschinger

Aus der Literatur ist uns nur ein einziger späterer Kontakt von Wegener zu Bauschinger bekannt. Es handelt sich um einen Brief vom 27. Juni 1914 von Bauschinger, der damals Direktor der Kaiserlichen Universitätssternwarte in Straßburg war, an Wegener. Bauschinger teilt darin Wegener die geographischen Breiten australischer Sternwarten mit (nach Wutzke (1988a, Dokument 019-1914), Original in der Handschriftensammlung des Deutschen Museums München). Ein vorangegangenes Schreiben von Wegener an Bauschinger ist nicht überliefert.

Der Schriftwechsel steht wohl im Zusammenhang mit Wegeners Bemühungen, die Drift der Kontinente (hier speziell von Australien) durch die zeitlichen Veränderungen der Differenzen zwischen den geographischen Koordinaten (Länge und Breite) von ausgewählten Orten zu untersuchen (siehe Kapitel 2.3 und 12.2).

Ein engerer Kontakt zwischen Wegener und Bauschinger hätte sich in Straßburg aus Folgendem ergeben können. Else Wegener (1960, S. 157) schreibt dazu: „Im Kriege hatte [*Alfred Wegener*] die Stelle des Leiters der Landesanstalt in Straßburg gewinkt, ...“. Wegener selbst berichtete seinem Schwiegervater Köppen in einem Brief vom 20. Januar 1917 von einer Möglichkeit, an die Universität Straßburg zu kommen (Wutzke (1988a, Dokument 002-1917), Original in der Handschriftensammlung des Deutschen Museums München). Greene (2015, S. 359) gibt dazu nähere Einzelheiten. Die „Kaiserliche Meteorologische Landesanstalt Elsass-Lothringen“ war mit der Universität Straßburg verbunden, und Wegener und Bauschinger hätten im Rahmen der Universität leicht Kontakt aufnehmen können. Die Aussicht einer Stelle für Wegener in Straßburg entfiel aber 1918 mit dem Ende des Ersten Weltkriegs, als Elsaß-Lothringen an Frankreich fiel.

12.2 Kontakte zwischen Wegener und Foerster

Foerster hatte mit Wegener nach dessen Promotion häufiger Kontakt als Bauschinger, meist allerdings eher indirekten.

Im Jahre 1906 beschreibt Foerster in der Zeitschrift „Mitteilungen der Vereinigung von Freunden der Astronomie und der Kosmischen Physik“, Band 16, S. 68, in einem Artikel über „Die astronomische Ortsbestimmung bei Luftfahrten“ die astronomischen Meßergebnisse, die die Brüder Kurt und Alfred Wegener bei ihrem über 52stündigen Rekordflug mit einem wasserstoffgefüllten Ballon erhalten hatten. Sie hätten mittels eines Libellenquadranten eine Ortsgenauigkeit von 11 bis 15 km erreicht. Als Quelle seiner Angaben nennt Foerster den Artikel von Wegener in den „Illustrierten Aeronautischen Mitteilungen“, 10. Jahrgang (1906), Nr. 6, S. 205, über „Astronomische Ortsbestimmungen des Nachts bei der Ballonfahrt vom 5. bis 7. April 1906“. Mit Wegener persönlich hat Foerster wohl nicht darüber gesprochen oder korrespondiert.

In einem Schreiben vom 12. Februar 1909 stellt Wegener bei der Philosophischen Fakultät der Universität Marburg den Antrag auf Habilitation („Bewerbung um die licentia docendi“) in den Fächern a) Meteorologie, b) Astronomie, speziell praktische Astronomie, c) Kosmische Physik. Gutachter für Wegeners Habilitation waren Foerster und Assmann⁶⁵. Die beiden Gutachten hatte der Marburger Physiker Richarz⁶⁶ bereits offenbar „auf Vorrat“ eingeholt, denn sie sind beide vor dem Habilitationsantrag Wegeners datiert (am 8. bzw. 9. Februar 1909).

In seinem Gutachten vom 8. Februar 1909 schreibt Foerster: „Meine Erinnerung und deren Ergänzung und Bestätigung durch Urteile meiner Fachgenossen geben mir das volle Recht, die Habilitation des Dr. Alfred Wegener an der Universität Marburg für Astronomie und Meteorologie lebhaft zu befürworten. Nicht nur seine Dissertation über Geschichte und Entwicklung der Alphonsinischen Tafeln, eine durchaus gediegene und wertvolle Arbeit, sondern überhaupt was von Bestrebungen und Leistungen bei ihm vorliegt, berechtigt zu der Hoffnung, dass Alfred Wegener etwas sehr Tüchtiges als Forscher und Lehrer leisten wird.“ (Zitiert nach Wutzke (1988a, S. 84) und Wutzke(1998, S. 22, Dokument 003-1909)).

Das Gutachten von Foerster ist nur halb so lang wie das von Assmann. Es ist sehr positiv, aber nicht so überschwenglich wie das von Assmann, der der Fakultät Wegener u.a. „mit wärmster Überzeugung als einen Über-Durchschnittsmenschen“ empfiehlt.

⁶⁵Richard Assmann (1845-1918), Direktor des Königlich-Preußischen Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg (Brandenburg), an dem Wegener seit 1905 gearbeitet hatte

⁶⁶Franz Richarz (1860-1920), Direktor des Physikalischen Instituts der Universität Marburg

Die kurze Beschreibung des Inhalts von Wegeners Dissertation, die Foerster in seinem Gutachten gibt, ist nicht völlig korrekt. Die eigentliche Dissertation (Wegener (1905a)) betrifft weniger die „Geschichte und Entwicklung“ der Alfonsinischen Tafeln, sondern hauptsächlich die Umrechnung und bessere Handhabbarkeit der Tafeln. Foersters Beschreibung paßt eher zum anschließenden Zeitschriftenartikel (Wegener (1905b)). Vermutlich glaubte Foerster, daß seine gewählte Beschreibung einen besseren Eindruck als die Angabe einer „Umrechnung“ der Tafeln machen würde. Vielleicht zeigt Foersters Formulierung aber auch, daß ihm der Zeitschriftenartikel mehr am Herzen lag als die eigentliche Dissertation Wegeners, im Gegensatz zu Bauschinger.

Wegener publizierte 1911 in der „Meteorologischen Zeitschrift“, Band 28, S. 271, einen Artikel über „Die Windverhältnisse in der Stratosphäre“. Darin macht Wegener eine Bemerkung über den möglichen Einfluß eines widerstehenden Mittels auf die Bewegung der obersten Atmosphärenschichten und damit auf die Rotation der Erde. Foerster knüpft an diese Bemerkung in einer kurz darauf folgenden Arbeit an. Sie erschien in der „Meteorologischen Zeitschrift“, Band 28 (1911), S. 332, unter dem Titel „Zur Frage des widerstehenden Mittels“. Foerster führt die Ursachen auf, aus denen eine Verlangsamung der Erdrotation entstehen kann, wozu letztere für mehrere tausend Jahre der Vergangenheit bis auf Bruchteile der Sekunde als beständig anzunehmen sei⁶⁷. Aus dieser Tatsache dürfe aber kein entscheidender Grund gegen die Annahme sehr erheblicher kosmischer Beeinflussungen der Bewegungszustände in den oberen Atmosphärenschichten entnommen werden (Zitiert nach „Astronomischer Jahresbericht“, bearbeitet im Königlichen Astronomischen Rechen-Institut, 13. Band (1912), Literatur des Jahres 1911, S. 140, Referat 2320). Wir wissen leider nicht, ob Foerster und Wegener in dieser Frage direkten Kontakt hatten.

Eine Stellungnahme von Foerster (und von anderen Wissenschaftlern) zu Wegeners Theorie der Kontinentaldrift hat Else Wegener (1960, S. 77) überliefert. Sie schreibt, daß ihr Vater [*Wladimir Köppen*] ihr in einem Brief vom 24. September [1912] mitgeteilt habe: „Gestern habe ich [*d.h. Wladimir Köppen*] anläßlich der Tagung der „Internationalen Erdmessung“ mit den Geodäten Helmert⁶⁸, Albrecht⁶⁹ und Förster über Alfreds Kontinentalhypothese gesprochen. Es hat mich gefreut, wie ernst sie sie nehmen. Namentlich der alte Albrecht bezeichnete sie als sehr interessante Idee, die durchaus geprüft werden müsse. Die Konferenz hat denn auch beschlossen, die Frage der Längenänderungen in ihr Programm aufzunehmen, und Albrecht sprach die Hoffnung aus, daß nach ein bis zwei Jahren die beabsichtigten Bestimmungen der Längen-

⁶⁷Der langfristige mittlere Anstieg der Tageslänge beträgt nach Stephenson et al. (2016) 0.00178 Sekunden pro Jahrhundert

⁶⁸Friedrich Robert Helmert (1843-1917) war Direktor des Königlich Preußischen Geodätischen Instituts in Potsdam. Wegener hatte bei Helmert im Winter-Semester 1903/04 eine Vorlesung gehört (siehe Kapitel 3.2).

⁶⁹Carl Theodor Albrecht (1843-1915), Abteilungsvorsteher am Königlich Preußischen Geodätischen Institut

unterschiede Potsdam-Cambridge⁷⁰ eine bestimmte Antwort⁷¹ geben würden.“. Die genannte Tagung hat vom 17. bis 27. September 1912 in Hamburg, dem Arbeits- und Wohnort von Köppen, stattgefunden. Unter den zahlreichen Vorträgen war auch eine Übersicht von Bauschinger über die geodätischen Arbeiten in Elsaß-Lothringen. Wahrscheinlich hat Köppen aber nicht mit Bauschinger gesprochen.

In einem Brief vom 12. August 1916 an Wegener fragt Foerster⁷² ihn, ob er nähere Kenntnis über die Glazial-Kosmogonie von Hörbiger und Fauth hätte (nach Wutzke (1988a, Dokument 014-1916), Original in der Handschriftensammlung des Deutschen Museums München). Wegeners Antwort ist uns nicht bekannt. Wir gehen davon aus, daß Wegener dieser Theorie ablehnend gegenüberstand. Dagegen scheint Foerster zur Glazial-Kosmogonie überraschend positiv eingestellt gewesen zu sein. Denn Foerster veröffentlichte 1916 in der Zeitschrift „Mitteilungen der Vereinigung von Freunden der Astronomie und der Kosmischen Physik“, Band 26, S. 43-45, einen Artikel über „Die Aufnahme von neuen kosmischen Theorien, insbesondere von Hörbiger’s Glacial-Kosmogonie in der Fachwissenschaft“. In diesem Beitrag berichtet Foerster, daß die im Titel genannte kosmogonische Theorie in der Wissenschaft wenig Beachtung gefunden habe. Er hofft, daß einige kurze Berichte über sie in den Mitteilungen der Vereinigung hilfreich sein werden. Foerster stand mit seiner relativ wohlwollenden Einschätzung der Glazial-Kosmogonie („Welteislehre“) unter den Fach-Astronomen sehr isoliert da. Diese Theorie stieß bei den meisten seiner Kollegen⁷³ auf strikte Ablehnung. Wir wundern uns, wie Foerster zu einem so wohlwollenden Urteil über diese Theorie gelangen konnte.

⁷⁰Harvard College Observatory in Cambridge, Mass., USA

⁷¹Die damaligen Meßmethoden erlaubten aber noch keinen direkten Nachweis der relativen Drift der Kontinente. Der Fehler der Bestimmung der Polhöhe eines Ortes im Rahmen des Internationalen Breitendienstes betrug einige Hundertstel Bogensekunden, was im Ort einem Fehler von ca. einem Meter entspricht. Das reicht zwar für die gewünschte Untersuchung der Polbewegung aus, nicht aber für die Bestimmung der Kontinentaldrift innerhalb weniger Jahre. Wir wissen heute aus radioastronomischen Messungen mit Hilfe von interkontinentalen Interferometern (VLBI), daß z.B. die Driftgeschwindigkeit zwischen Europa und Nordamerika nur ca. 2 cm pro Jahr beträgt. Wegener hatte aber damals deutlich höhere Driftgeschwindigkeiten vermutet (z.T. von über 10 Metern pro Jahr).

⁷²Wilhelm Foerster lebte damals in Bornim bei Potsdam bei seinem Sohn Karl Foerster (1874-1970), dem auch heute noch bekannten „Stauden-Foerster“ (siehe z.B. Karl-Foerster-Stiftung für angewandte Vegetationskunde)

⁷³Eine Ausnahme war zunächst leider Johannes Riem (1868-1945), Observator am Astronomischen Rechen-Institut, der die Glazial-Kosmogonie (anfangs) enthusiastisch befürwortete (später aber ablehnte). Riem wurde vor allem bekannt als ein vehementer Gegner der Relativitätstheorie. So bezeichnete er die Relativitätstheorie u.a. 1923 in einem Artikel als „ein auf höchst zweifelhafter Grundlage erbautes Phantasiegebilde“ (siehe R. und U. Wielen (2013, S. 20)).

13 Wegener und August Kopff

August Kopff (1882-1960) war einer der bedeutendsten deutschen Astronomen des 20. Jahrhunderts und genoß weltweit hohes Ansehen. Er arbeitete von 1905 bis 1924 an der Heidelberger Sternwarte auf dem Königstuhl und war seit 1912 Außerordentlicher Professor der Universität Heidelberg. 1924 wurde er zum Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts in Berlin-Dahlem und zum Ordentlichen Professor für Theoretische Astronomie der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin berufen. Sein Lebenslauf ist ausführlich beschrieben im Buch von R. und U. Wielen (2013).

Kopff und Wegener haben sich mit Sicherheit persönlich gekannt. Das geht aus dem Nachruf von Kopff (1931) für Wegener hervor.

Kopff war nur etwas über ein Jahr jünger als Wegener. Kopff legte im Jahr 1900 sein Abitur an der Oberrealschule in Heidelberg ab und begann sein Studium in Heidelberg im Winter-Semester 1900/01. Aber bereits als Schüler interessierte sich Kopff für Astronomie und durfte Max Wolf (1863-1932), dem späteren Direktor der Heidelberger Sternwarte und Doktorvater von Kopff, in dessen Privatsternwarte in der Heidelberger Märzgasse helfen. Dennoch haben sich Kopff und Wegener im Jahr 1900 in Heidelberg sicher noch nicht getroffen, denn Wegener studierte nur ein Semester lang in Heidelberg Astronomie und Meteorologie, und zwar im Sommersemester 1900. Sie haben sich damals aber nur knapp verpaßt!

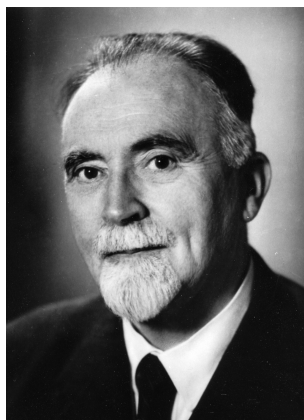


Fig. 43. August Kopff (1882-1960)

Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts in Berlin und Heidelberg von 1924 bis 1954
Quelle: Photo im Archiv des Astronomischen Rechen-Instituts.

Getroffen haben sich Kopff und Wegener dann als Militärangehörige im Laufe des Ersten Weltkrieges. Kopff war ab August 1914 Leiter von Feldwetterdienststationen. Wir kennen leider nicht deren genaue Standorte. In einem

handschriftlichen Lebenslauf bezeichnet Kopff sein Einsatzgebiet für den Heereswetterdienst nur als „Westfront und Balkan“. Aus Eintragungen in Büchern, die Kopff privat erworben hat, wissen wir, daß er sich im Sommer 1917 in Straßburg im Elsaß und im Juli 1918 in Conflans in Lothringen aufgehalten hat.

Wegener diente im Ersten Weltkrieg zunächst als Offizier der Infanterie und wurde bereits am 23. August 1914 verwundet. Als er nach einem kurzen Genesungsurlaub aus Marburg im September 1914 an die Front zurückkehrte, muß Wegener dort Kopff getroffen haben. Denn Kopff (1931) berichtet im letzten Absatz seines Nachrufes für Wegener darüber: „Eine persönliche Erinnerung sei erlaubt. Es war zu Anfang des Krieges, als er [*Wegener*] nach seiner Verwundung wieder ins Feld zurückkam. ...“.

Später sind sich Kopff und Wegener sicher als jeweilige Leiter von Feldwetterstationen in Elsaß-Lothringen begegnet, denn Wegener leitete seit Januar 1916 die Feldwetterstation No. 12 in Mülhausen im Elsaß. Auch auf dem Balkan könnten sich Kopff und Wegener getroffen haben, da beide dort ebenfalls tätig waren (Wegener von Ende 1916 bis Juni 1917).

Während seines Heeresdienstes in Elsaß-Lothringen konnte Kopff gelegentlich an die Heidelberger Sternwarte zurückkehren, auf der er auch mit seiner Frau und seinem 1917 geborenen Sohn Otto wohnte. Das geht z.B. aus einer Postkarte des Astronomen Erwin Freundlich (1885-1964) an Kopff vom 18. Juli 1918 hervor, die an „Prof. Dr. A. Kopff, Heidelberg, Königstuhl Sternwarte“ adressiert ist und aus deren Text hervorgeht, daß sich Kopff damals in Heidelberg aufhielt (siehe R. und U. Wielen (2013, Kapitel 8.2.1)). Bei einem dieser Besuche könnten sich Kopff und Wegener auf der Heidelberger Sternwarte getroffen haben. Else Wegener schreibt nämlich in ihrem Buch (1960, S. 150): „Von Mülhausen kam Alfred [*Wegener*] nach Heidelberg, um sich Bücher in der Universität herauszusuchen. Wir waren bei herrlichem Wetter auf dem Schloß und dem Königstuhl und besuchten die Sternwarte.“ Dieser Besuch fand vermutlich im Frühjahr oder Sommer des Jahres 1916 statt.

Später (um 1927/28) hatten Wegener und Kopff sicher zumindest schriftlichen Kontakt im Rahmen der Herausgabe des fünften Bandes von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. Dieser Band erschien wegen seines Umfanges in zwei Halbbänden. Wegener (1928) gab den ersten Halbband mit dem Titel „Physik der Erde“ heraus. Kopff (1928) war Herausgeber des zweiten Halbbandes über „Physik des Kosmos (einschließlich Relativitätstheorie)“. Die Titelblätter der beiden Halbbände geben wir in Fig. 44 und Fig. 45 wieder. Zur

inhaltlichen Abstimmung und um sachliche Überschneidungen weitgehend zu vermeiden (z.B. bei den für astronomische Beobachtungen wichtigen Fragen über Refraktion, Extinktion und Luftunruhe in der Erdatmosphäre, aber auch zu Meteoren) mußten sich die beiden Herausgeber der Halbbände genauer absprechen.

Müller-Pouillets
Lehrbuch der Physik

11. Auflage

Fünfter Band – Erste Hälfte

Physik der Erde

Unter Mitwirkung von

G. Angenheister, Potsdam; H. Benndorf, Graz; H. v. Ficker, Berlin;
B. Gutenberg, Frankfurt a. M.; H. Hess, Nürnberg; V. F. Hess, Graz;
A. Nippoldt, Potsdam; H. Thorade, Hamburg; E. Wiechert †, Göttingen

herausgegeben von

Alfred Wegener

Graz



Mit 341 Figuren im Text und 7 Tafeln

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges.
Braunschweig 1928

Fig. 44. Titelseite der 1. Hälfte des 5. Bandes von Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik
Quelle: Buch im Privatbesitz der Autoren.

Müller-Pouillets
Lehrbuch der Physik

11. Auflage

Fünfter Band – Zweite Hälfte

Physik des Kosmos
(einschl. Relativitätstheorie)

Unter Mitwirkung von

P. ten Bruggencate, Göttingen; R. Fmden, München; K. Graff,
Hamburg-Bergedorf; J. Hellerich, Kiel; J. Hopmann, Bonn;
H. Kienle, Göttingen; E. von der Pahlen, Potsdam; C. Wirtz, Kiel

herausgegeben von

August Kopff
Berlin-Dahlem



Mit 139 Figuren im Text und 14 Tafeln

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges.
Braunschweig 1928

Fig. 45. Titelseite der 2. Hälfte des 5. Bandes von Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik.
Quelle: Buch im Privatbesitz der Autoren.

Nach der sicheren Meldung (verbreitet ab 8. Mai 1931) vom Tode Wegeners in Grönland am 15. oder 16. November 1930 schrieb Kopff noch im Mai 1931 einen Nachruf auf Wegener, der in der Zeitschrift „Astronomische Nachrichten“ veröffentlicht wurde (Kopff (1931)). Kopff konzentriert sich darin auf die Arbeiten Wegeners, die mit der Astronomie in Verbindung stehen. Der Nachruf enthält auch persönliche Erinnerungen Kopffs an Wegener. Zum Beispiel berichtet Kopff, daß sich Alfred Wegener nach seiner eigenen Aussage „sein Leben lang als Jünger der Astronomie“ betrachtete. Wir geben den vollständigen Text von Kopffs Nachruf im folgenden Kapitel 13.1 wieder.

13.1 Text des Nachrufs von Kopff auf Alfred Wegener

Alfred Wegener.

Mit den Nachbarwissenschaften trauert die Astronomie um Alfred Wegener, dessen heldenhafter Tod im Polarwinter Grönlands nun zur Gewißheit geworden ist.

Die wissenschaftliche Laufbahn Wegeners hat in der Astronomie begonnen. Er war am 1. Nov. 1880 in Berlin geboren, und hier hat er auch vorwiegend studiert. Als Schüler von Foerster und Bauschinger promovierte er 1905 mit der Arbeit: „Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners“. Schon vor der Promotion war er als Astronom an der Sternwarte der Urania in Berlin tätig, und, wie er selbst sagte, betrachtete er sich sein Leben lang als Jünger der Astronomie.

In erster Linie waren es nicht äußere Gründe, die ihn von der normalen Laufbahn des Astronomen wegführten. Sein wahrhaft universaler Geist ertrug nicht die Betätigung im engen Rahmen einer einzelnen Spezialwissenschaft. Er kannte Astronomie und Astrophysik in ihrer ganzen modernen Entwicklung, er war Physiker und Meteorologe und gehörte zu den besten Vertretern verschiedener Zweige der Geophysik. Er besaß wie selten ein Forscher die Fähigkeit, Brücken zwischen den einzelnen Teilwissenschaften zu schlagen. Er sah Probleme, die andere nicht einmal ahnten. Ein Teil nur von dem, was Wegener wußte und erkannte, hat schließlich den Weg in seine Veröffentlichungen gefunden.

Es lastet schwer auf unserer wissenschaftlichen Organisation, daß sie vielfach glaubt, für so außergewöhnliche, von fruchtbringender Phantasie getragene Befähigungen, wie Alfred Wegener, keinen Platz zu haben. So ist auch sein Lebensschicksal ein unstetes gewesen. Er ging nach der Promotion als Assistent an das Aeronautische Observatorium nach Lindenberg, wo er sich mit den Methoden der astronomischen Ortsbestimmung im Freiballon beschäftigte und von wo aus er bald als Mitglied der Danmark-Expedition zum ersten Mal nach Grönland gelangte. 1909 wird er Privatdozent in Marburg; hier hat er mit großer Freude auch eine astronomische Lehrtätigkeit entfaltet. 1912-13 kam er mit der dänischen Expedition von J. P. Koch das zweite Mal nach Grönland. Den Weltkrieg erlebte er zuerst als Hauptmann der Infanterie, dann an verschiedenen anderen Stellen, zeitweise auch als Flieger. Nach dem Kriege wurde er Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte und a.o. Professor für Meteorologie an der Universität Hamburg, bis dann 1924 eine Berufung als Ordentlicher Professor der Meteorologie und Geophysik nach Graz erfolgte. Das vergangene Jahr führte den Rastlosen zum dritten Mal nach Grönland, nun selbst als Leiter einer nach großen Gesichtspunkten angelegten, vorwiegend meteorologischen Expedition, deren Ergebnisse ein dauerndes Denkmal für ihn sein werden.

Auf seine wissenschaftlichen Untersuchungen soll hier nur soweit eingegangen werden, als diese mit der Astronomie in Verbindung stehen. Sein Buch über die Thermodynamik der Atmosphäre hat mancherlei Beziehungen zu der Frage nach den Strömungsvorgängen in den Atmosphären von Gestirnen überhaupt. Sein bekanntestes Werk über die Entstehung der Kontinente und Ozeane greift tief in die Probleme der Polverlagerung und der Änderung der geographischen Koordinaten ein, Probleme, die zu ihrer Klärung der astronomischen Methoden nicht entbehren können. Die Entstehung der Mondkrater hat er durch reizvolle und klug durchdachte Experimente im Laboratorium zu klären versucht.

Am meisten auf astronomischem Gebiet beschäftigten ihn die Meteore. Sie waren ihm ein Bindeglied zwischen Astronomie und Meteorologie. Er suchte die Sicherheit in der Bestimmung der Meteorbahnen dadurch zu steigern, daß er den Einfluß des Luftwiderstandes auf die beobachtete Geschwindigkeit wiederholt diskutierte. Zum ersten Mal ist es ihm wohl auch gelungen, einen Meteorit auf Grund einer Berechnung der Bahn aufzufinden (Meteorit von Treysa). Aus den Leuchterscheinungen der Meteore wollte er Aufschluß über die Zusammensetzung der höchsten Atmosphärenschichten gewinnen; einen seiner Schüler in Hamburg regte er an, aus den Bewegungen der Meteorschweife die Strömungen in jenen Schichten zu ermitteln. Als Herausgeber des Bandes „Physik der Erde“ von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik hat er selbst zwei Kapitel dazu beigetragen: Akustik der Atmosphäre und Optik der Atmosphäre. Das erste enthält einen Paragraphen über Meteordetonationen, das zweite zahlreiche Abschnitte über astronomische Erscheinungen der Refraktion. Also auch hier behandelt Wegener Probleme, die verschiedene Wissensgebiete miteinander verbinden.

Über den Menschen Alfred Wegener scheut man sich fast, etwas zu sagen. Seine Person trat immer hinter seinem Werk zurück. Er war von einer inneren Ruhe und Abgeklärtheit, wie man sie selten findet. Eine persönliche Erinnerung sei erlaubt. Es war zu Anfang des Krieges, als er nach seiner Verwundung wieder ins Feld zurückkam. Er sprach über den Tod, der ihm stets etwas Natürliches war. Auch Goethe hat sterben müssen, meinte er, und wir sind doch alle viel weniger als er. Das Leben für das Vaterland oder für die Wissenschaft zu opfern, galt ihm als selbstverständlich, und nun hat er sich schließlich für das Ziel seiner Expedition und für seine Genossen dargebracht. So ist der einsame Tod Alfred Wegeners in der Polarnacht die Verklärung seines Lebens geworden.

Berlin-Dahlem, 1931 Mai

A. Kopff.

[Dieser Nachruf wurde in der Zeitschrift „Astronomische Nachrichten“ (AN), Band 242 (1931), S. 263 publiziert. Das entsprechende Heft der AN wurde am 17. Juni 1931 abgeschlossen.]

14 Vergleich der beiden Rechenbeispiele in den Alfonsinischen Tafeln (AT-1553) mit den entsprechenden bei Wegener

Sowohl in den originalen Alfonsinischen Tafeln (1553) als auch in Wegeners Dissertation (1905a) wird die Anwendung der Tafeln an Rechenbeispielen detailliert erläutert. Erstaunlicherweise (siehe Kapitel 9.2) vergleicht aber Wegener in seiner Arbeit die Ergebnisse der gemeinsamen Beispiele nicht. Wir holen diesen Vergleich hier nach.

Die Alfonsinischen Tafeln (1553), in Zukunft hier abgekürzt AT-1553 genannt, geben zwei Rechenbeispiele (siehe Fig. 46, 48 und 49) für die Bestimmung der ekliptischen Länge eines Himmelskörpers, hier als l bezeichnet. Als gewähltes Datum für die Berechnung von l wird in den Beispielen sowohl in den AT-1553 als auch bei Wegener immer der 20. September 1477, 6 Uhr 01 Minuten 36 Sekunden Mittlerer Orts-Zeit (MOZ) in Toledo (Spanien) gewählt. Im sexagesimalen System und in Einheiten von Tagen schreibt sich dieser Zeitpunkt in den Alfonsinischen Tafeln, gezählt von der dort verwendeten Anfangsepoche (Januar 0, 0 Uhr, des Jahres 1), als $2^4 29^3 49^2 32^d 15^1 4^2 0^3$. Warum die AT-1553 (und bereits alle älteren) gerade dieses Datum im Jahre 1477 benutzt haben, konnten wir nicht eindeutig klären⁷⁴. Wegener hat dieses Datum aus verständlichen Gründen für seine Beispiele beibehalten. Die identischen Zeitpunkte ermöglichen einen direkten Vergleich der Ergebnisse der Beispiele in den AT-1553 mit denen bei Wegener.

Die gleichen Rechenbeispiele, die in den AT-1553 gegeben sind, findet man bereits in verschiedenen früheren Ausgaben der AT (siehe z.B. Fig. 47, 50 und 51 aus den AT-1524). Sie stammen vermutlich vom damaligen Bearbeiter der AT, Lucas Gauricus (1475-1558). Die Beispiele in den AT-1553 sind nur Kopien derjenigen in den älteren, auf Gauricus zurückgehenden Ausgaben der AT (einschließlich des Fehlers in der ekliptischen Länge des Mondes).

14.1 Ekliptische Länge der Sonne

Auf Seite 27 der AT-1553 (Fig. 46) steht das Beispiel für die Berechnung von l für die Sonne. Die Überschrift der Tabelle lautet: „LOCUM (Sonne) exemplo supputare“ (d.h. Ort der Sonne als Beispiel berechnen). In der letzten Zeile

⁷⁴Wegener (1905b, S. 169) vermutet, daß es sich um den Geburtszeitpunkt von Octavianus Sfortiadae episcopus Aretinus aus Sankt Arezzo (Aretium) in Italien handelt. Der Bischof Ottaviano Sforza (1477-1541) war ein Gönner des damaligen Bearbeiters der AT, Lucas Gauricus (1475-1558). Gauricus erwähnt diesen Bischof in seinem Vorwort zu den AT. Nach Wegener gehen die beiden Rechenbeispiele in den AT auf Gauricus zurück.

der Tabelle steht als (von uns auf Bogensekunden gerundetes und in unsere heutige Schreibweise von Winkeln umgewandeltes) Endresultat für den „Verus locus (Sonne)“, d.h. den wahren Ort der Sonne:

$$l = 186^\circ 30' 35'' \quad (\text{AT-1553}).$$

In das Dezimalsystem umgewandelt bedeutet dies:

$$l = 186^\circ.510 \quad (\text{AT-1553}).$$

Auf Seite 19 seiner Dissertation gibt Wegener (1905a) als Resultat seiner Rechenbeispiele für das gleiche Datum:

$$l = 186^\circ.503 \quad (\text{Wegener}).$$

Dies entspricht:

$$l = 186^\circ 30' 11'' \quad (\text{Wegener}).$$

Die Differenz der Resultate (im Sinne von AT-1553 minus Wegener) beträgt also:

$$\Delta l = +0^\circ.007 \quad (\text{Differenz})$$

oder

$$\Delta l = +0^\circ 00' 24'' \quad (\text{Differenz}).$$

Diese Differenz erscheint zunächst als sehr klein und wäre bei praktischen Anwendungen der Tafeln auch völlig zu vernachlässigen. Dennoch ist sie größer als man es aus den notwendigen Rundungen und Interpolationen erwartet. In der Tat zeigt eine Nachrechnung von Wegeners Beispiel, daß er sich bei der Entnahme der „aequatio solis“ x aus seiner Tafel VI auf Seite 49 mit dem „argumentum medium solis“ $\gamma = 97^\circ.697$ geirrt hat. Statt richtig $x = -2^\circ.157$ hat er durch Interpolation „in die falsche Richtung“ irrtümlich $x = -2^\circ.163$ entnommen. Wenn man dieses Versehen korrigiert, erhält man

$$l = 186^\circ.503 \text{ (Wegener)} + 0^\circ.006 \text{ (Korrektur)} = 186^\circ.509 \text{ (Wegener korrigiert)},$$

also bis auf die verständliche Differenz von $+0^\circ.001$ den Wert der AT-1553.

Wenn man dieses Beispiel als typisch ansieht, dann ist die Schlußfolgerung, daß Wegeners umgerechnete Tafeln die Ephemeride der AT-1553 für die Länge l der Sonne im Rahmen der Rundungs- und Interpolationsgenauigkeit auf wenige Tausendstel eines Winkelgrades wiedergeben.

ARGVMENTA media planetarum reperire.

- ☉ Solis argumentum medium profiliet, si augē propriam à suo medio motu diduxeris.
 ☿ ☿ argumenta media sumuntur cum propriis tabulis, sicut medii motus.
 ♄ ♄ argumentū mediū emerget, si eorū medios motus subduxeris à medio motu ☉.

CENTRA media supputare.

Solis argumentum, est ☿ centrum.

☿ ☿ ☿ augem propriam subtrahe à suo medio motu, & scaturiet centrū mediū cuiusq;.

Medium motum ☉ subtrahe A.M.M.) & proveniet elongatio seu distantia, quæ duplata centrum Lunæ medium appellabitur.

LOCVM ☉ faciliter supputare.

Primo reperiatur M.M.☉. Dein argumentum eius medium. Tertiò ē regione argumenti cape æquationem & differentiam cum titulis A. vel M. De quibus facito partem proportionalem, quæ adiciatur vel subtrahatur ab æquatione superius reperta, & profiliet æquatio æquata: hæc, vt ipsius admonet titulus, coaceruetur aut subducatur à medio motu, & conflabitur verus locus ☉ sub noni orbis signifero.

LOCVM ☉ exemplo supputare.

			G	m̄	z̄	z̄	z̄	
	Era	4	38	21	0	30	28	Re Christi
	2	16	39	14	38	27	52	
	29	35	1	29	2	17	44	
	49	48	17	48	1	28	42	
	32	0	31	32	26	27	54	
	15		0	14	47	4	54	
	4		0	0	3	56	33	
Primo		3	8	40	0	14	7	M.M.☉.
	Adde	0	19	32	45	24	19	Aux communis
		1	11	25	23	0	0	Re augis ☉
	Octauis	1	30	58	8	24	19	Aux propria ☉
	Sub.	3	8	40	0	14	7	M.M.☉
		1	30	58	8	24	19	Aux propria ☉
20		1	37	41	51	49	48	Argumentū ☉ med.
30	Minue		2	9	36			Æquatio argumēti ineq̄ta
	Minue			0	16			Differentia
					10	56	0	m̄ 41 p̄ z̄ 16
					13	36	16	z̄ 51 p̄ z̄ 16
					14		14	z̄ 16 p̄ z̄ 14
		0	0	11	9	50		Pars proport. mi.
		2	9	36	0	0		Æquatio inæquata
				11	9	50		Pars proport.
		2	9	24	50	10		Æquatio æquata mi.
	3	8	40	0	14	7		Med. Mo. ☉
		2	9	24	50	10		Æquatio æquata mi.
	3	6	30	35	23	57		Verus locus ☉

D ii.

Fig. 46. Rechenbeispiel für die ekliptische Länge l der Sonne, enthalten auf Seite 27 der AT-1553. Quelle: Adaptiert vom Scan des Exemplars der Bayerischen Staatsbibliothek München (siehe Literaturverzeichnis).

Argumenta media planetarū reperire.

15

☉ Solis argumentū mediū proficiet, si augein propriam a suo medio motu diduxeris.

☿ ♀ ♄ Argumenta media sumuntur cum proprijs tabulis, sicuti medij motus.

☿ ♄ ♀ Argumentum medium emerget, si eorum medios motus subduxeris a medio motu ☉.

Centra media supputare.

☉ Solis argumentum, est ♀ centrum.

☿ ♄ ♄ Augem propriam subtrahe a suo medio motu, & scaturiet centrū medium cuiusq;

☉ Mediū motū ☉ subtrahe A. M. M ☉ & pueniet elongatio seu distātia q̄ duplata cētrū lunæ medium appellabitur.

Locum ☉ faciliter supputare.

☉ Primo repiatur M. M. ☉. Dein argumentū eius mediū. Tertio e regione argumēti cape equationē & distiam cū titulis A. vel M. De qbus facito pte proportionale. Quæ adiciat vel subtrahat ab equatione supius repta & pfiliet equatio equata, hæc (vti ipsius admonet titulus) eoaceruetur aut subducatur. A medio motu & pstatbitur verus locus ☉ sub noni orbis signifero.

Locum ☉ exemplo supputare.

	☉	♄	♄	♄	♄	♄	♄	
4	2	4	38	21	0	30	28	☿ chasti
3	29	16	39	14	38	27	52	
2	49	35	1	29	2	17	44	
1	32	48	17	48	1	28	42	
0	15	0	31	32	26	27	54	
0	4	0	0	14	47	4	54	
0	4	0	0	0	3	56	33	
pmo		3	8	40	0	14	7	M. M. ☉.
	Adde	0	19	32	45	24	19	Aux cois
		1	11	25	23	0	0	☿ augis ☉
	Octauj	1	30	58	8	24	19	Aux ppria ☉
		3	8	40	0	14	7	M. M. ☉
	Sub.	1	30	58	8	24	19	Aux ppria ☉
2°		1	37	41	51	49	48	Arg ^m ☉ Med.
3°	Min.		2	9	36			Equatio arg ⁿ ineq̄ta
	Min.			0	16			Distā
					10	56	0	m̄ 41 p 3 16
						13	36	3 51 p 3 16
							14	3 16 p 3 49
		0	0	11	9	50		Pars propor. mi.
		2	9	36	0	0		Equatio in eq̄ta
				11	9	50		Pars propor.
		2	9	24	50	10		Equatio eq̄ta. mi.
		3	8	40	0	14	7	Med. Mo. ☉
			2	9	24	50	10	Equatio eq̄ta mi.
		3	6	30	35	23	57	Verus locus ☉

Fig. 47. Rechenbeispiel für die ekliptische Länge l der Sonne, enthalten auf Seite 15r der AT-1524 (siehe Literaturverzeichnis). Quelle: Scan der Seite 15r des Exemplars der Universitätsbibliothek Heidelberg (Signatur L 2535 RES).

14.2 Ekliptische Länge des Mondes

Auf den Seiten 33 und 34 der AT-1553 (Fig. 48 und 49) steht das Beispiel für die Berechnung der ekliptischen Länge l des Mondes. Die Überschrift der Tabelle lautet: „LOCUM Lunae exemplari computatione perscrutari“ (d.h. Ort des Mondes in einer Beispiel-Rechnung ermitteln). In der letzten Zeile der Tabelle auf Seite 34 der AT-1553 steht als Endresultat für den „Verus locus (Mond)“, d.h. den wahren Ort des Mondes, wenn man berücksichtigt, daß $5^S \times 60^\circ + 39^\circ = 339^\circ$ ergibt:

$$l = 339^\circ 35' 41'' 27''' 47'''' \quad (\text{AT-1553}).$$

In das Dezimalsystem umgewandelt bedeutet dies:

$$l = 339^\circ.595 \quad (\text{AT-1553}).$$

Auf den Seiten 23 und 24 seiner Dissertation gibt Wegener (1905a) als Resultat seines Rechenbeispiels für das gleiche Datum:

$$l = 339^\circ.248 \quad (\text{Wegener}).$$

Dies entspricht:

$$l = 339^\circ 14' 53'' \quad (\text{Wegener}).$$

Die Differenz der Resultate (im Sinne von AT-1553 minus Wegener) beträgt also:

$$\Delta l = +0^\circ.347 \quad (\text{Differenz})$$

oder

$$\Delta l = +0^\circ 20' 48'' \quad (\text{Differenz}).$$

Diese Diskrepanz wäre zwar für viele praktische Zwecke immer noch zu vernachlässigen. Sie ist aber unakzeptabel groß, wenn man annimmt, daß sie nur von den unvermeidlichen Rundungs- und Interpolationsfehlern herrühren würde.

Im Falle des Mond-Beispiels ist nach unseren Untersuchungen der Hauptfehler im Rechenbeispiel der AT-1553 zu suchen. Es handelt sich um einen Rechenfehler und einen Übertragungsfehler⁷⁵.

⁷⁵Auf Fehler im Rechenbeispiel der AT für den Mond weist auch Wegener (1905b, S. 169) hin. Allerdings hat er dort die Fehler weder spezifiziert noch zahlenmäßig angegeben.

Der Rechenfehler tritt in der Zeile 14 von Seite 34 der AT-1553 auf. Dort steht: $0^\circ 32'$. Hier beginnt die Multiplikation der „Diversitas dia. aequata“ (Zeile 12: $2^\circ 30' 12'' 13''' 53''''$) mit dem Faktor 8 (Zeile 13: Min. proportionalia aequata)/60. Der Anfang von „Diversitas dia. aequata“, nämlich $2^\circ = 120'$ multipliziert mit $8/60$ ergibt $16'$ und nicht $32'$. In Zeile 14 müßte korrekt also $0^\circ 16'$ stehen. Für die „pars propor. diver. dia. & mi. pro.“ in Zeile 19 müßte es nach der Aufaddierung dann richtig heißen: $0^\circ 20' 01'' 37''' 51''''$.

Dieser Wert hätte später in Zeile 5 von unten („Pars proper. diversi.“) eingetragen werden müssen. Dort steht aber irrtümlicherweise der Wert aus Zeile 11: $0' 12'' 13''' 53''''$ („Pars propor. diver. dia.“), der in Zeile 11 nur als Resultat der Interpolation für „Diversitas dia.“ (von Zeile 5 zu Zeile 12) verwendet wurde. Somit müssen die Werte in den Zeilen 2, 4, 6 und 7 von unten alle um $0^\circ 20' 01'' 37''' 51''''$ minus $0' 12'' 13''' 53''''$ gleich $0^\circ 19' 49'' 23''' 58''''$ erhöht werden. Das Endresultat ergibt sich dann durch

$$\begin{array}{rcl}
 & 339^\circ 35' 41'' 27''' 47'''' & \text{(AT-1553)} \\
 \text{minus} & & \\
 & 0^\circ 19' 49'' 23''' 58'''' & \text{(Korrektion)} \\
 \text{zu} & & \\
 & l = 339^\circ 15' 52'' 03''' 49'''' & \text{(AT-1553 korrigiert),} \\
 \text{oder} & & \\
 & l = 339^\circ.264 & \text{(AT-1553 korrigiert).}
 \end{array}$$

Aber auch Wegeners Rechnung besitzt eine kleinere Ungenauigkeit. Die Nachrechnung von Wegeners Beispiel zeigt, daß er sich bei der Entnahme der „aequatio argumenti“ y_0 aus seiner Tafel VII auf Seite 50 mit dem „argumentum aequatum“ $\alpha_{Mond} + x = 84^\circ.202$ geirrt hat. Statt richtig $y_0 = -4^\circ.847$ durch Interpolation zwischen 84° und 85° hat er irrtümlich (durch Interpolation zwischen 85° und 86°) $y_0 = -4^\circ.864$ entnommen. Wenn man dieses Versehen korrigiert, erhält man

$$l = 339^\circ.248 \text{ (Wegener)} + 0^\circ.017 \text{ (Korrektur)} = 339^\circ.265 \text{ (Wegener korrigiert).}$$

Wenn man den korrigierten Wert der AT-1553 mit diesem korrigierten Wert von Wegener vergleicht, dann erkennt man, daß diese Werte sich nur um

$$\Delta l = -0^\circ.001 \quad \text{(korrigierte Differenz),}$$

also nur um wenige Bogensekunden, unterscheiden. Daher kann man die Umrechnung der Alfonsinischen Tafeln (1553) durch Wegener (1905a) auch hier als gelungen bewerten.

		S	G	m̄	z̄	z̄	z̄	
	2	2	2	46	50	16	40	By Med. Mo.)
4	2	10	2	30	22	9	10	
3	29	6	55	36	20	21	13	
2	49	45	38	36	1	24	3	
1	32	7	1	38	40	40	8	
m̄	15		3	17	38	45	19	
z̄	4			0	52	42	20	
		5	44	26	46	18	51	M.M.)

Ad facilitandum opus & coaceruationis & diuisionis, In mediis motibus atque argumentis planetarum, si quādo signorū numerus excederet signa 6. physica, abiiciatur 6. quoties poteris, & residuum sub 5. inscribatur, quod nos in sequentibus obseruabimus.

	2	3	19	0	14	31	17	By Me. argumenti)
4	2	5	55	0	42	8	26	
3	29	5	4	47	40	11	3	
2	49	4	11	3	57	47	13	
1	32	0	58	4	46	40	11	
m̄	15		3	15	58	29	23	
z̄	4			0	52	15	36	
		1	31	14	12	3	9	Argumentum Me.
Sub.		5	44	26	46	18	51	M.M.)
		3	8	40	0	14	7	M.M. ⊙
Dupletur		2	35	46	46	4	44	Distantia) à ⊙
		5	11	33	32	9	28	Centrum Med.)
			7	7				Aeq̃tio cētri inæquata M.
				9				Differentia M.
				4	57			m̄ 9 p̄ m̄ 33
					4	48		m̄ 9 p̄ z̄ 32
						1	21	m̄ 9 p̄ z̄ 9
							4	m̄ 9 p̄ z̄ 28
Min. ab æq̃t̃oe cētri inæq̃ta.			5	1	49	25		Pars proport. M.
			7	1	58	10	35	Aequatio cētri æq̃ta M.

E

Fig. 48. Erster Teil des Rechenbeispiels für die ekliptische Länge l des Mondes, enthalten auf Seite 33 der AT-1553. Quelle: Adaptiert vom Scan des Exemplars der Bayerischen Staatsbibliothek München (siehe Literaturverzeichnis).

EOCVM Lunæ exemplari computatione perscrutari.

	S	G	m̄	z̄	z̄	z̄	
	1.	31	14	12	3	9	Argumentum Me.
		7	1	58	10	35	AEquatio centri æquata.M.
	1	24	12	13	52	34	Argumentum æquatum.
			8				Mi.proportionalia æquata.
		2	30				Diuerſitas dia.
			1				Differentia A
			0	12			
				0	13		
					0	52	
						1	
			0	12	13	53	Pars propor.diuer.dia. A
		2	30	12	13	53	Diuerſitas dia.æquata A
			8				Min.proportionalia æquata
		0	32				
			4	0			
				1	36	44	
					1	7	
		0	36	1	37	51	Pars propor.diuer.dia.& mi.pro.
	1	24	12	13	52	34	Argumentum æquatum.
		4	50	41			AEquatio argumenti inæquata.M.
			0	57			Differentia A
				11	24		
					12	21	
						50	
		4	50	41	37	11	Pars propor. A
					0	0	AEquatio argumenti inæquata.
		4	50	52	37	11	Acq̃tio argumēti æquata 1° exa.M.
			0	12	13	53	Pars propor.diuerſi. A
		4	51	4	51	4	AEquatio 2° exa.M.
	5	44	26	46	18	51	M.M.)
		4	51	4	51	4	AEquatio 2° exami.M.
	5	39	35	41	27	47	Verus locus)

Fig. 49. Zweiter Teil des Rechenbeispiels für die ekliptische Länge l des Mondes, enthalten auf Seite 34 der AT-1553. Quelle: Adaptiert vom Scan des Exemplars der Bayerischen Staatsbibliothek München (siehe Literaturverzeichnis).

	$\frac{D}{B}$	S	S	m	z	z	4	
4	2	2	2	46	50	16	40	R Med. Mo. D
3	10	2	30	21	9	10		
2	29	6	55	36	20	21	13	
1	49	45	38	36	1	24	3	
m	32	7	1	38	40	40	6	
z	15		3	17	38	45	19	
z	4			0	52	42	20	
		5	44	26	46	18	51	M. M. D

Ad facilitandum opus z coacervationis z diuisionis. In medijs motibus atq; argu
mentis planetay. Si qñ signoy numerus excederet signa. 6. phisica abiciatur. 6. quoties
poteris. z residuum sub. 5. inscribatur. qd nos in sequētib; obseruabimus.

	$\frac{D}{B}$	3	19	0	14	31	17	
4	2	5	55	0	42	8	26	R Me. Argu ⁿ D
3	29	5	4	47	40	11	3	
2	49	4	11	3	57	47	13	
1	32	0	58	4	46	40	11	
m	15		3	15	58	29	23	
z	4			0	52	15	36	
		1	31	14	12	3	9	Arg ^m Me.
		5	44	26	46	18	51	M. M. D
Sub.		3	8	40	0	14	7	M. M. O
Dupletur		2	35	46	46	4	44	Distantia D a O
		5	11	33	32	9	28	Cētrū Med. D
			7	7				Eq ^o cētri i eq ^a . M.
				9				Dia M
				4	57			m 9 p m 33
				4	48			m 9 p 2 32
					1	21		m 9 p 3 9
						4		m 9 p 4 28
Min. ab eq ^a cētri i eq ^a .			5	1	49	25		Pars propoz. M.
			7	1	58	10	35	Eq ^o cētri eq ^a M.

Fig. 50. Erster Teil des Rechenbeispiels für die ekliptische Länge l des Mondes, enthalten auf Seite 18r der AT-1524 (siehe Literaturverzeichnis). Quelle: Scan der Seite 18r des Exemplars der Universitätsbibliothek Heidelberg (Signatur L 2535 RES).

Locum D exemplari cōputatione perscrutari

S	5	m	z	3	4	
1	31	14	12	3	9	Arg ^m Me.
	7	1	58	10	35	Eqtio cētri eqta. M.
1	24	12	13	52	34	Argu ^m equatū
		8				M. pli ^a eqta
	2	30				Diuersitas dia.
		1				Dia A
		0	12	13	52	
			0	0	1	
		0	12	13	53	Pars ppor. diuer. dia. A
	2	30	12	13	53	Diuersitas dia. eqta A
		8				Min. pli ^a eqta
	0	32	0	36	44	
		4	1	1	7	
	0	36	1	37	51	ps pp. diuer. dia. 7 mi. p.
1	24	12	13	52	34	Argu ^m eqtū
	4	50	41			Eqtio arg ^m in eqta. M.
		0	57			Dia A
			11	24	21	
				12	50	
	4	50	41	37	11	Pars propoz. A
				0	0	Eqtio argumēti i eqta.
	4	50	52	37	11	Eqtio arg ^m eqta p ^a exa. M.
		0	12	13	53	Pars ppor. diuersi. A
	4	51	4	51	4	Eqtio 2 ^o exam. M.
5	44	26	46	18	51	M. M. D
	4	51	4	51	4	Eqtio. 2 ^o exami. M.
5	39	35	41	27	47	Cerus locus D

Fig. 51. Zweiter Teil des Rechenbeispiels für die ekliptische Länge l des Mondes, enthalten auf Seite 18v der AT-1524 (siehe Literaturverzeichnis). Quelle: Scan der Seite 18v des Exemplars der Universitätsbibliothek Heidelberg (Signatur L 2535 RES).

Wir wollen hier noch auf einen Druckfehler in den originalen AT-1553 hinweisen. Im Beispiel für die Berechnung der Länge des Mondes muß auf Seite 34 (Fig. 49) der Wert von $44''''$ korrekterweise in Zeile 17 statt in Zeile 16 stehen. In der Ausgabe der originalen Tafeln aus dem Jahre 1524 (AT-1524) auf Seite 18v (Fig. 51) sieht man in Zeile 17 die korrekte Version. Da die Zahlen aus den Zeilen 14 bis 18 addiert werden, hat dieser Fehler (falsche Zeile) keinen Einfluß auf das Endresultat. In den AT-1553 ist er aber trotzdem störend, wenn man das dortige Beispiel nachrechnet und dabei in den Zeilen 16 und 17 auf Abweichungen stößt, die man sich zunächst nicht erklären kann.

15 Vergleich der Rechenbeispiele für ekliptische Längen und Breiten bei Wegener mit von uns aus den AT-1553 berechneten Werten

Im Kapitel 14 haben wir die Ergebnisse der beiden Rechenbeispiele verglichen, die sowohl in den originalen Alfonsinischen Tafeln (AT-1553) als auch in der Dissertation von Wegener (1905a) zu finden sind. Die Beispiele betreffen die ekliptischen Längen l der Sonne und des Mondes am 20. September 1477. Der Vergleich zeigte eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Resultaten in den originalen AT mit denen in den von Wegener umgerechneten AT-Tafeln, wenn man einige Rechenfehler korrigiert. Im jetzigen Kapitel weiten wir den Vergleich auf weitere Daten aus.

Die originalen Alfonsinischen Tafeln (AT-1553) enthalten leider keine Rechenbeispiele für die ekliptischen Längen l der Planeten und überhaupt keine Rechenbeispiele für die ekliptischen Breiten b . Dagegen gibt Wegener (1905a) in seiner Dissertation Rechenbeispiele für alle diese Daten außer für die Planeten Jupiter und Saturn. Wir haben daher aus den originalen AT-1553 alle entsprechenden Werte selbst berechnet. Für die Planeten Jupiter und Saturn mußten wir auch die Werte für l und b aus den umgerechneten Tafeln von Wegener (1905a) selbst ermitteln.

Bei den Berechnungen der Daten aus den originalen AT-1553 benutzen wir die dort enthaltenen Tafeln und zunächst das sexagesimale Zahlensystem. Zum direkten Vergleich werden die sexagesimalen Resultate dann aber in das dezimale System transformiert. In den Tabellen 4 und 5 zeigen wir den Vergleich der Resultate aus den originalen AT1553 mit denjenigen, die Wegener aus seinen umgerechneten Tabellen (Wegener (1905a)) erhalten hat (bzw. denjenigen, die wir für Jupiter und Saturn aus den umgerechneten Tafeln ermittelt haben).

Alle Resultate in den Tabellen 4 und 5 gelten für den Zeitpunkt, der auch in den AT-1553 und bei Wegener für die Beispiele stets gewählt wurde: 1477 September 20, 6 Uhr 01 Minuten 36 Sekunden, mittlere Ortszeit (MOZ) in Toledo in astronomischer Zeit (bürgerlich: 18 Uhr) mit MOZ nach AT-Definition.

Tabelle 4 zeigt, daß Wegeners Umrechnung der AT hervorragend gelungen ist. Die Differenzen zwischen den ekliptischen Längen nach Wegener und nach den originalen Tafeln betragen nur maximal $0^{\circ}.001$ für Sonne und Mond bzw. $0^{\circ}.01$ für die Planeten. Diese geringfügigen Abweichungen sind durch Rundungserscheinungen vollständig erklärbar.

Tabelle 4
Vergleich von ekliptischen Längen l im Jahr 1477
(Ergebnisse nach den originalen Alfonsinischen Tafeln (AT-1553)
verglichen mit denen aus den umgerechneten Tafeln von Wegener)

Planet	AT-1553 Orig.o.Wielen l [° ' "]	AT-1553 Orig.o.Wielen l [°.]	Wegener Diss.o.Wielen l [°.]	Differenz AT–Wegener Δl [°.]
Sonne	186° 30' 35" O	186°.510 O	186°.509 D,k	+0°.001 k (+0°.007 nk)
Mond	339° 15' 52" O,k	339°.264 O,k	339°.265 D,k	−0°.001 k (+0°.347 nk)
Merkur	171° 35' 37" Wi	171°.59 Wi	171°.60 D	−0°.01
Venus	196° 07' 00" Wi	196°.12 Wi	196°.12 D	0°.00
Mars	140° 22' 23" Wi	140°.37 Wi	140°.38 D	−0°.01
Jupiter	22° 18' 38" Wi	22°.31 Wi	22°.31 Wi	0°.00
Saturn	151° 19' 07" Wi	151°.32 Wi	151°.31 Wi	+0°.01

k: Rechenfehler korrigiert (siehe Kapitel 14).
nk: Rechenfehler nicht korrigiert (siehe Kapitel 14).
O: Daten aus den originalen AT-1553 entnommen.
D: Daten aus Wegeners Dissertation (1905a) entnommen.
Wi: Daten von R. und U. Wielen berechnet.

Tabelle 5
Vergleich der ekliptischen Breiten b im Jahr 1477
(Ergebnisse nach den originalen Alfonsinischen Tafeln (AT-1553)
verglichen mit denen aus den umgerechneten Tafeln von Wegener)

Planet	AT-1553 Orig.o.Wielen $b [^{\circ} ' '']$	AT-1553 Orig.o.Wielen $b [^{\circ} .]$	Wegener Diss.o.Wielen $b [^{\circ} .]$	Differenz AT–Wegener $\Delta b [^{\circ} .]$
Mond	$-1^{\circ} 08' 41''$ Wi	$-1^{\circ}.145$ Wi	$-1^{\circ}.144$ D,k	$-0^{\circ}.001$
Merkur	$+1^{\circ} 36' 50''$ Wi	$+1^{\circ}.614$ Wi	$+1^{\circ}.604$ D	$+0^{\circ}.010$
Venus	$+1^{\circ} 02' 50''$ Wi	$+1^{\circ}.047$ Wi	$+1^{\circ}.039$ D	$+0^{\circ}.008$
Mars	$+0^{\circ} 35' 48''$ Wi	$+0^{\circ}.597$ Wi	$+0^{\circ}.595$ D	$+0^{\circ}.002$
Jupiter	$-2^{\circ} 05' 05''$ Wi	$-2^{\circ}.085$ Wi	$-2^{\circ}.079$ Wi	$-0^{\circ}.006$
Saturn	$+1^{\circ} 14' 01''$ Wi	$+1^{\circ}.237$ Wi	$+1^{\circ}.243$ Wi	$-0^{\circ}.006$

k: Rechenfehler korrigiert (siehe Kapitel 9.1).

D: Daten aus Wegeners Dissertation (1905a) entnommen.

Wi: Daten von R. und U. Wielen berechnet.

Die in Tabelle 5 gezeigten Differenzen zwischen den ekliptischen Breiten nach Wegener und nach den originalen Tafeln erwecken zunächst den Anschein, als würden die Breiten schlechter übereinstimmen als die Längen, weil sie um bis zu $0^{\circ}.010$ voneinander abweichen. Dies liegt nur daran, daß Wegener in seiner Dissertation die Breiten der Planeten mit drei Stellen nach dem Komma angibt. Wie man sich in den Beispielen der Breitenberechnung, die Wegener in seiner Dissertation gibt, überzeugen kann, benutzt Wegener dabei aber im Verlaufe der Rechnung notwendige Zwischen-Größen (minuta proportionalia p , declinatio D , reflexio R , latitudo), die in seiner Tafel XVI nur auf zwei Stellen nach dem Komma gegeben sind. Wenn man die Breiten der Planeten nur auf zwei Stellen nach dem Komma angibt, dann sind alle Abweichungen in Breite ebenfalls durch Rundungserscheinungen vollständig erklärbar.

16 Vergleich der Rechenbeispiele für ekliptische Längen und Breiten bei Wegener mit heutigen Ephemeriden-Daten

Wir vergleichen jetzt die Ergebnisse der Rechen-Beispiele, die Wegener (1905a) in seiner Dissertation gibt, mit Resultaten, die moderne Ephemeriden liefern. Für Jupiter und Saturn mußten wir allerdings die Daten mit Hilfe der von Wegener umgerechneten Alfonsinischen Tafeln selbst berechnen.

Die Daten der modernen Ephemeriden haben wir für Sonne, Mond, Merkur und Venus aus den Angaben im JPL's HORIZONS Web-Interface (JPL (2017)) entnommen. Für Mars, Jupiter und Saturn haben wir die Ephemeriden benutzt, die Xaver Jubier (2017) gibt.

Die Werte in allen Beispielen gelten für Toledo. Als gemeinsamen Zeitpunkt verwenden wir im Einklang mit den originalen AT-1553 und mit Wegener das Datum des 20. September 1477, $6^h 01^m 36^s$. Dabei handelt es sich um astronomische Ortszeit im Sinne der AT, d.h. in unserer Terminologie um MOZ(AT).

Die Zahlenwerte der modernen Ephemeriden sind in Universal Time (UT) gegeben. Für die Umrechnung der Zeitwerte verweisen wir auf Kapitel 17.3.2. Wir benutzen hier

Zeitpunkt in UT

$$\begin{aligned} &= \text{Zeitpunkt in den AT} \\ &\quad + 16^m \text{ (wegen der Längendifferenz von Greenwich zu Toledo)} \\ &\quad + 12^h \text{ (wegen der Umrechnung von astronom. in bürgerliche Zeit)} \\ &\quad + 16^m \text{ (wegen der Korrektur der MOZ(AT) auf MOZ(heute))} \\ &= \text{Zeitpunkt in den AT} + 12^h 32^m \\ &= 20. \text{ September } 1477, 18^h 34^m . \end{aligned}$$

Die Tabellen 6 und 7 zeigen eine gute Übereinstimmung der Werte aus den Alfonsinischen Tafeln mit modernen Ephemeriden. Besonders die ekliptische Länge der Sonne nach den AT differiert nur um $-0^\circ.060 = -3'.6$. Die Bewegung des Mondes wird von den AT schlechter dargestellt. Die Fehler der AT für die Planeten liegen typischerweise bei ein bis zwei Grad in l und bei einem halben Grad in b . Für umfangreichere Vergleiche von AT-Werten mit modernen Ephemeriden verweisen wir auf die Kapitel 17.3 und 18.

Tabelle 6
Vergleich von ekliptischen Längen l im Jahr 1477
(Ergebnisse aus den umgerechneten AT-Tafeln von Wegener
verglichen mit denen aus modernen Ephemeriden)

Planet	Aus Wegeners umger.AT-Tafeln l [°.]	Moderne Ephemeriden l [°.]	Differenz umg.AT-Taf. – Mod.Eph. Δl [°.] bzw. [']
Sonne	186°.509 D,k	186°.569	$-0°.060 = - 3'.6$
Mond	339°.265 D,k	338°.517	$+0°.748 = + 44'.9$
Merkur	171°.60 D	173°.61	$-2°.01 = -121'$
Venus	196°.12 D	196°.20	$-0°.08 = - 5'$
Mars	140°.38 D	140°.81	$-0°.43 = - 26'$
Jupiter	22°.31 Wi	21°.53	$+0°.78 = + 47'$
Saturn	151°.31 Wi	150°.16	$+1°.15 = + 69'$

k: Rechenfehler korrigiert (siehe Kapitel 14).
D: Daten aus Wegeners Dissertation (1905a) entnommen.
Wi: Daten von R. und U. Wielen berechnet.

Tabelle 7
Vergleich der ekliptischen Breiten b im Jahr 1477
(Ergebnisse aus den umgerechneten AT-Tafeln von Wegener
verglichen mit denen aus modernen Ephemeriden)

Planet	Aus Wegeners umger.AT-1553 b [°.]	Moderne Ephemeriden b [°.]	Differenz umg.AT-1553 – Mod.Eph. Δb [°.] bzw. [']
Mond	$-1^{\circ}.144$ D,k	$-0^{\circ}.968$	$-0^{\circ}.176 = -11'$
Merkur	$+1^{\circ}.604$ D	$+1^{\circ}.929$	$-0^{\circ}.325 = -19'$
Venus	$+1^{\circ}.039$ D	$+0^{\circ}.979$	$+0^{\circ}.060 = + 4'$
Mars	$+0^{\circ}.595$ D	$+1^{\circ}.310$	$-0^{\circ}.715 = -43'$
Jupiter	$-2^{\circ}.079$ Wi	$-1^{\circ}.613$	$-0^{\circ}.466 = +28'$
Saturn	$+1^{\circ}.243$ Wi	$+1^{\circ}.407$	$-0^{\circ}.164 = -10'$

k: Rechenfehler korrigiert (siehe Kapitel 9.1).
D: Daten aus Wegeners Dissertation (1905a) entnommen.
Wi: Daten von R. und U. Wielen berechnet.

17 Der „Astronomische Kalender“ für 1448

17.1 Beschreibung des „Astronomischen Kalenders“ für 1448

17.1.1 Die Wiesbadener Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448

Im Jahr 1901 entdeckte der Bibliothekar Gottfried Zedler (1860-1945) in der Landesbibliothek zu Wiesbaden im Einband einer alten Handschrift aus dem 15. Jahrhundert zwei gedruckte Fragmente (Zedler (1901, 1902)). Das eine Fragment befand sich auf der Innenseite des äußeren (hölzernen) Buchdeckels, das zweite auf der Innenseite des hinteren Deckels. Die Handschrift selbst gehört dem 15. Jahrhundert an. Sie und ihr Einband stammten aus der Bibliothek des nassauischen Benediktiner-Klosters Schönau im Taunus.

Die Fragmente stammen von einem makulierten Einblattdruck aus Pergament und dienten dem Buchbinder als Verstärkungsmaterial für den Einband der Handschrift, eine damals häufig praktizierte Methode zur Wiederverwendung von wertvollem Material. Der Buchbinder hat den Druck zerteilt und die Fragmente auch noch für seine Zwecke weiter beschnitten, wodurch leider Textverlust eingetreten ist. Ferner haben die vorliegenden Reste des Druckes durch ihre Verleimung im Einband gelitten. Die beiden Fragmente aus der Wiesbadener Bibliothek sind in Fig. 52 und 53 abgebildet. Ausschnitte davon zeigen wir in den Fig. 54 und 56.

Der Text der Fragmente enthält astronomische Ephemeriden für die Monate Januar bis April eines auf den Fragmenten aber nicht genannten Jahres. Zedler hielt den zugrundeliegenden Druck für den Teil eines astronomischen Kalenders. Bauschinger hat die Ephemeriden als für das Jahr 1448 gültig erkannt. Die Fragmente werden seither allgemein als „Astronomischer Kalender für das Jahr 1448“ bezeichnet (hier und in der Literatur oft als „AK“ abgekürzt). Einige Autoren halten den Druck aber eher für ein einfaches Handbuch für Astrologen.

Die Wiesbadener Fragmente des AK gelten als „Reindruck“ des AK, während die im Folgenden beschriebenen Krakauer Fragmente als „Probedruck“ des AK angesehen werden.

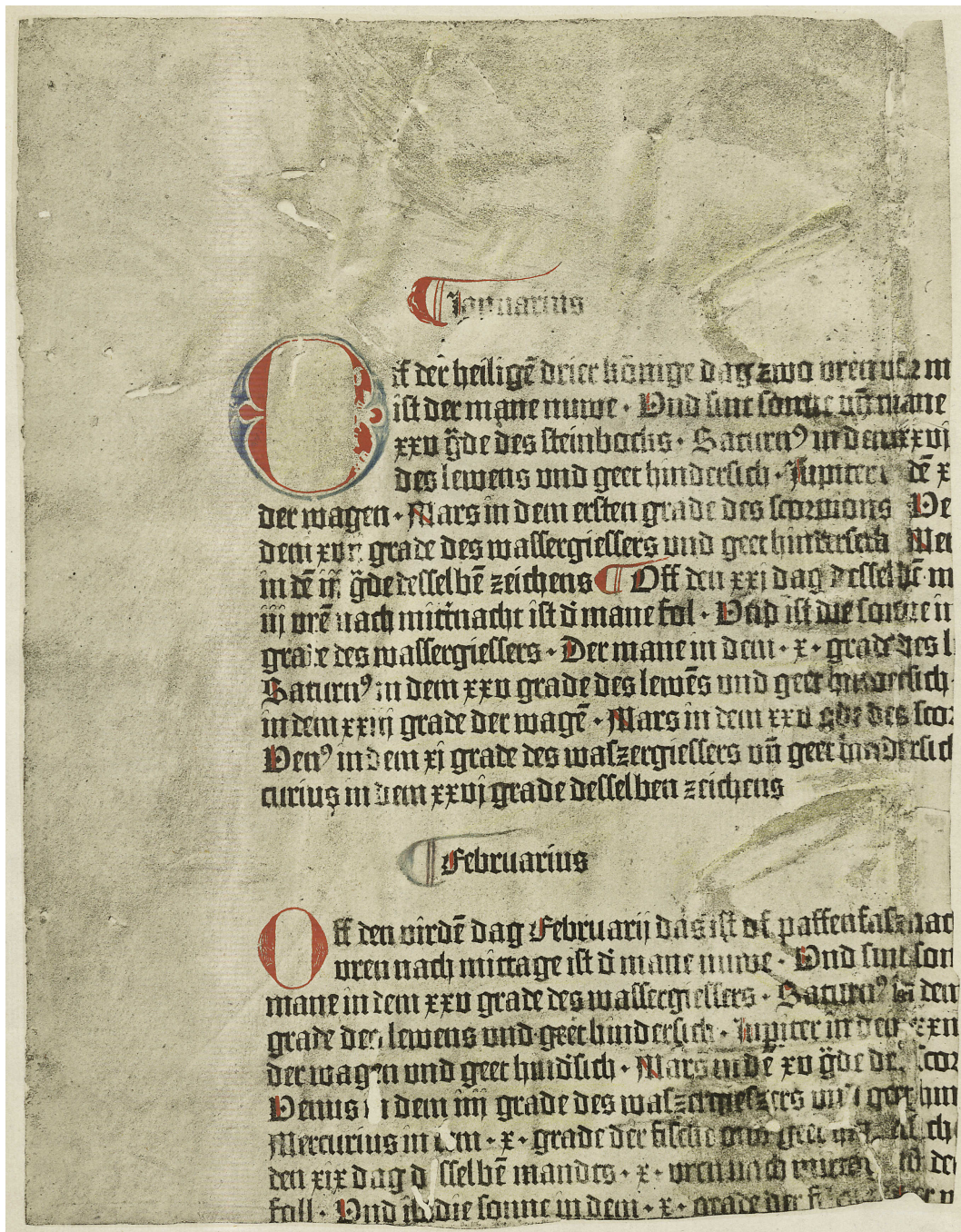


Fig. 52. Erstes Fragment des Wiesbadener Exemplars des „Astronomischen Kalenders“ für 1448. Dieses Fragment zeigt oben den Januar-Text und unten den oberen Teil des Februar-Textes. Quelle: Tafel 184 (linker Teil) der Monumenta Germaniae et Italiae typographica (Reichsdruckerei (1903)). Signatur des entsprechenden Sammelbandes in der Universitätsbibliothek Heidelberg: F 7940 Gross RES::Taf.,3 .

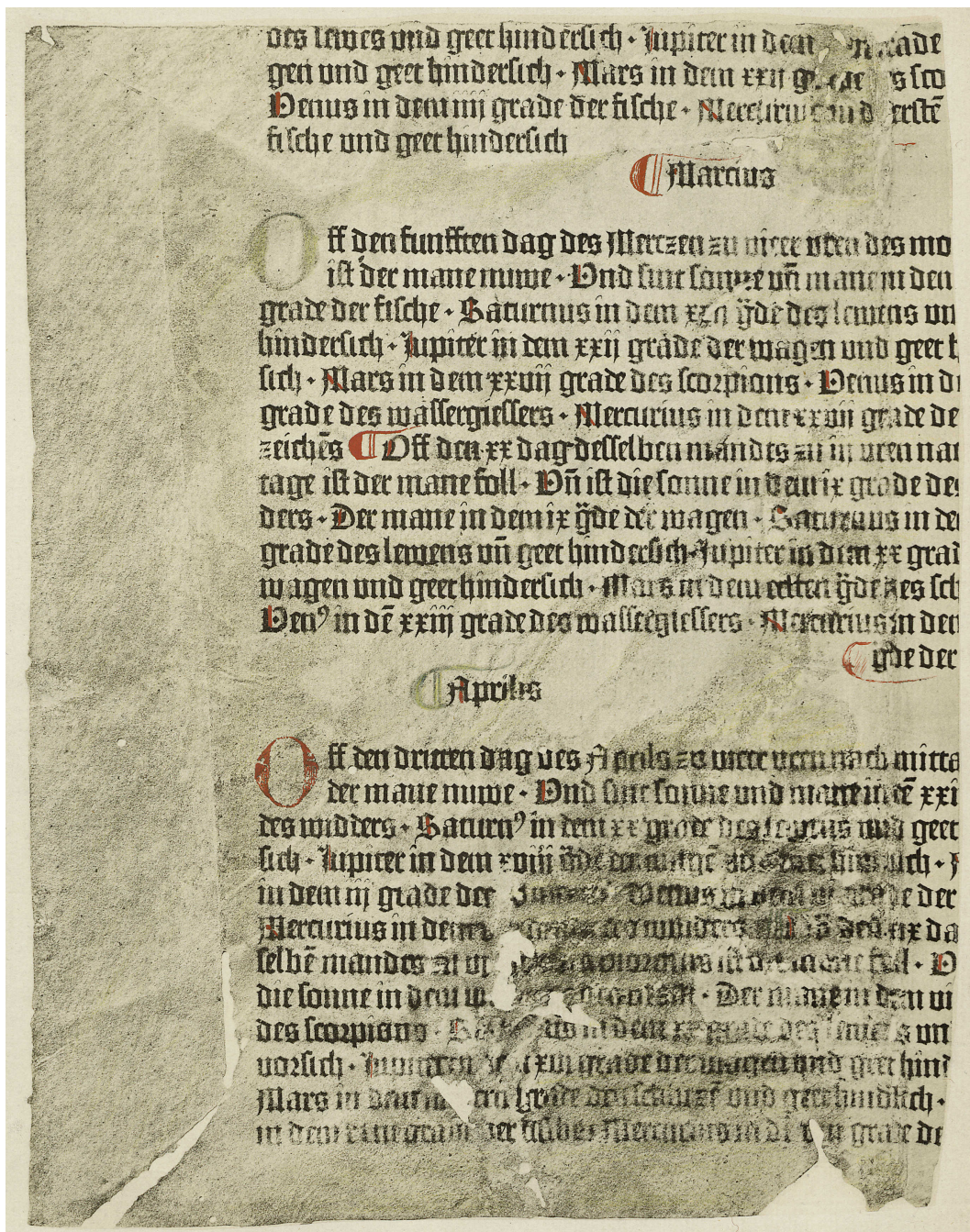


Fig. 53. Zweites Fragment des Wiesbadener Exemplars des „Astronomischen Kalenders“ für 1448. Dieses Fragment zeigt ganz oben den unteren Teil des Februar-Textes. Es folgt der März-Text. In der unteren Hälfte steht der April-Text. Quelle: Tafel 184 (rechter Teil) der Monumenta Germaniae et Italiae typographica (Reichsdruckerei (1903)). Signatur des entsprechenden Sammelbandes in der Universitätsbibliothek Heidelberg: F 7940 Gross RES.: Taf.,3 .

17.1.2 Die Krakauer Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448

Zedler und Bauschinger waren die Krakauer Fragmente des AK unbekannt. Diese Fragmente waren zwar bereits im 19. Jahrhundert in der Jagiellonischen Bibliothek der Universität Krakau vorhanden und wurden 1902 in einem Katalog dieser Bibliothek als Teil der „Inc. 2269“ verzeichnet. Der Charakter und Inhalt dieser Fragmente wurde aber erst ab 1937 erkannt, als die Blätter in Berlin näher untersucht wurden (siehe Wehmer (1948)).

Die beiden Krakauer Fragmente des AK enthalten nur den Text für einen Teil des Monats Januar und den Beginn des Textes für Februar. Die sich überlappenden Textteile der Wiesbadener und Krakauer Fragmente sind in ihrem Inhalt weitgehend identisch. Allerdings ist die Druckanordnung unterschiedlich (siehe Fig. 55 und 57). Dadurch sind aber auch z.T. unterschiedliche Teile des Textes den Scheren oder Messern der Buchbinder zum Opfer gefallen. Die Kombination der Wiesbadener und Krakauer Fragmente ergibt somit eine etwas vollständigere Textüberlieferung des AK.

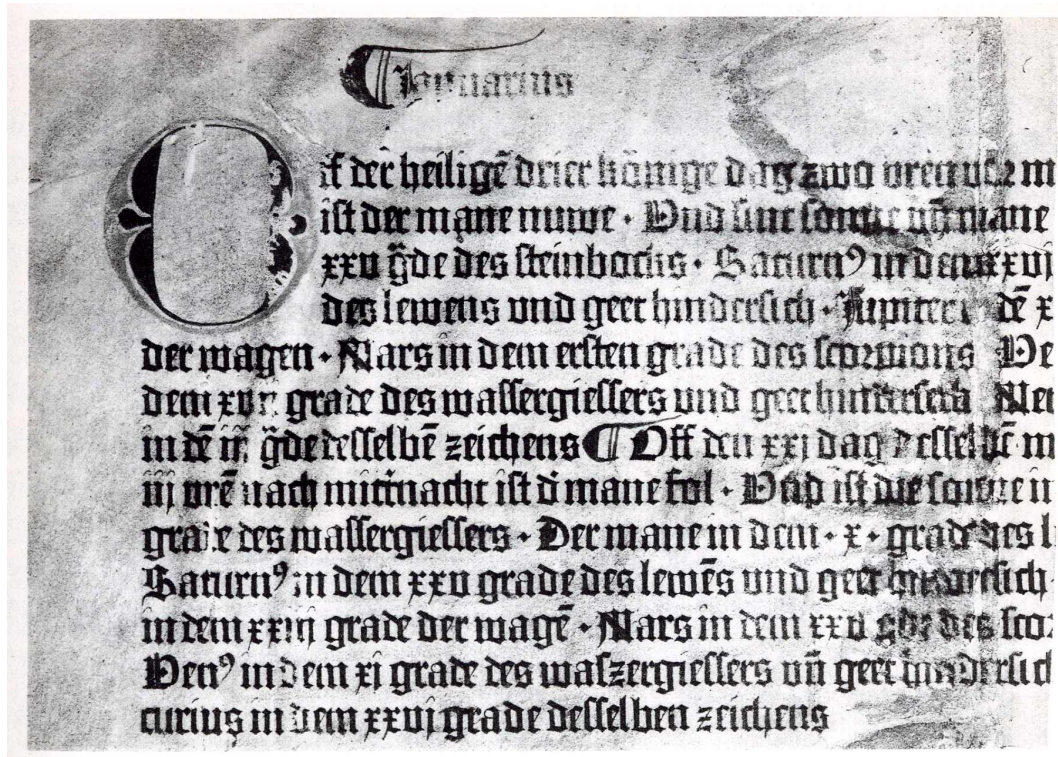


Fig. 54. Januar-Text des Wiesbadener Exemplars
 der Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448. Quelle: Wehmer (1948, Tafel 4).

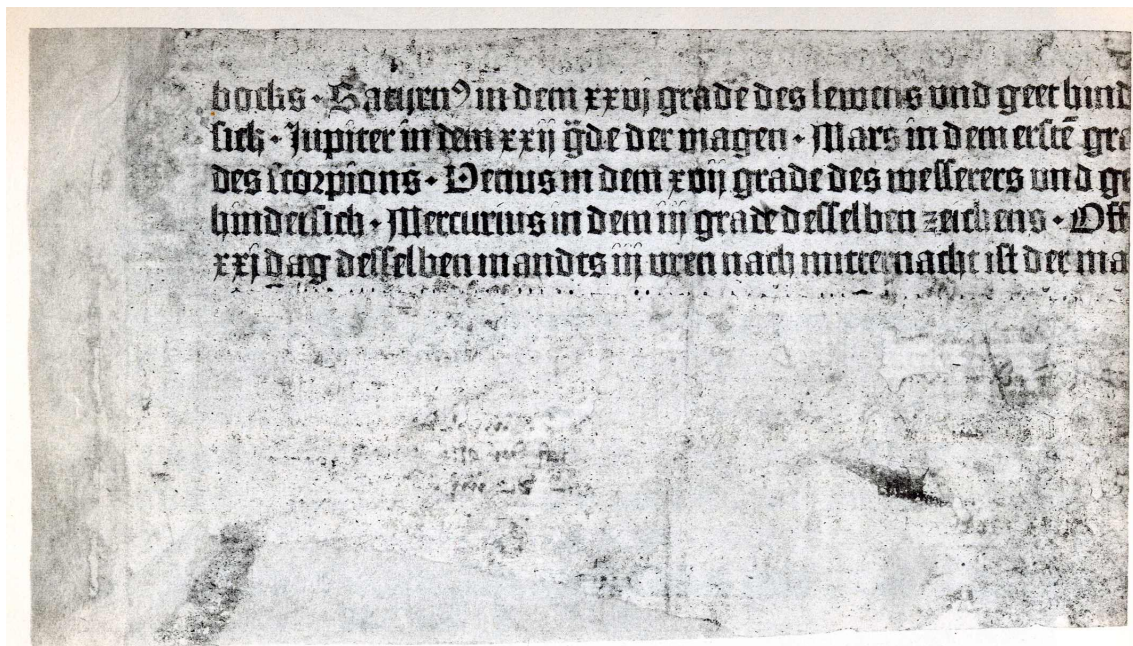


Fig. 55. Januar-Text des Krakauer Exemplars
 der Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448. Quelle: Wehmer (1948, Tafel 3).

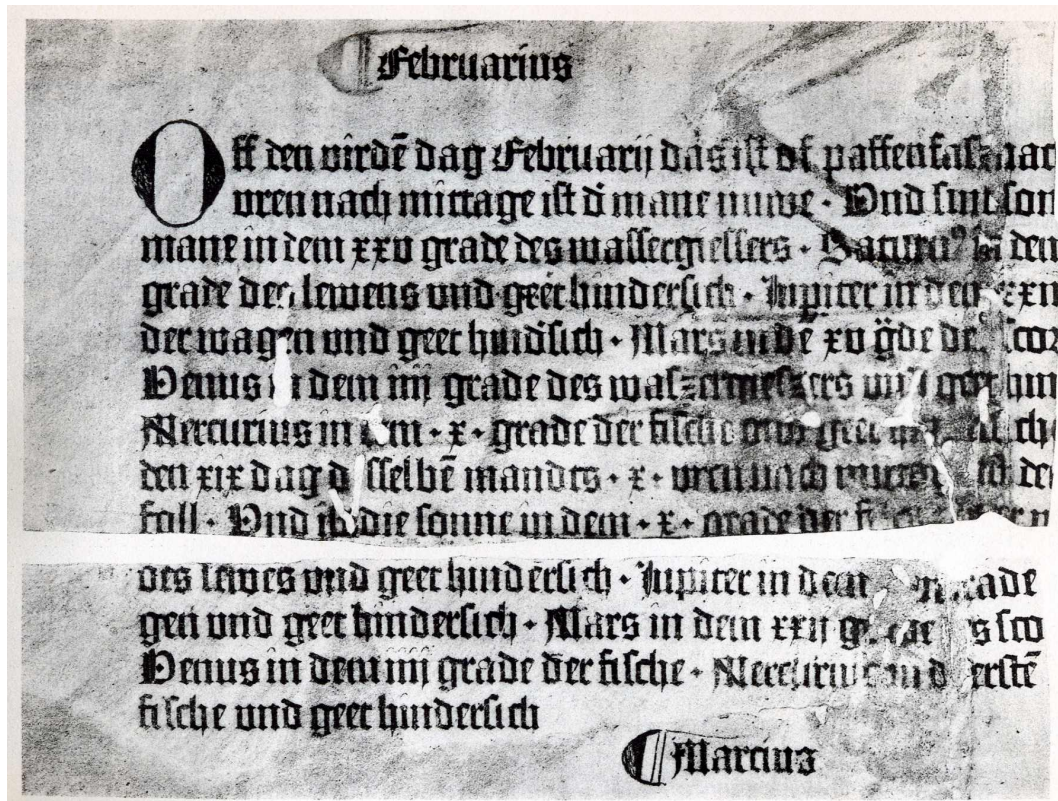


Fig. 56. Februar-Text des Wiesbadener Exemplars
 der Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448. Quelle: Wehmer (1948, Tafel 2).

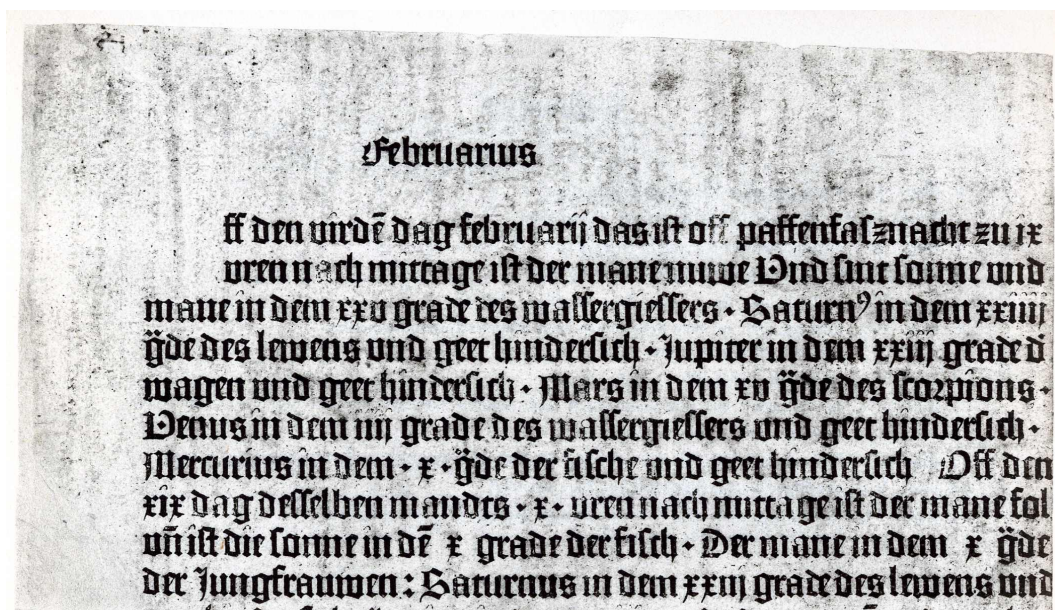


Fig. 57. Februar-Text des Krakauer Exemplars
 der Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448. Quelle: Wehmer (1948, Tafel 1).

17.1.3 Kombiniertes Text des „Astronomischen Kalenders“ für 1448

Einen aus den Wiesbadener und Krakauer Fragmenten kombinierten Text des „Astronomischen Kalenders“ für 1448 hat bereits Stegemann (1948, S. 53-54) publiziert. Wir geben unten eine Version des kombinierten Textes wieder, die weitestgehend Stegemann folgt. Bei unterschiedlichen Lesungen der Fragmente folgen wir aber meist nicht Stegemann, sondern Zedler (1902, S. 6-7).

Text der Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448:

Januarius

Off der heiligen drier konige dag zwo uren vor m(ittage) ist der mane nuwe. Und sint sonne und mane (in dem) xxv grade des steinbocks. Saturnus in dem xxvi grade des lewens und geet hindersich. Jupiter in dem xxii grade der wagen. Mars in dem ersten grade des scorpions. Venus in dem xvii grade des wassergiessers und geet hindersich. Mercurius in dem iii grade desselben zeichens.

Off den xxi dag desselben mandts iii uren nach mitternacht ist der mane fol. Und ist die sonne in (dem -?-)⁷⁶ grade des wassergiessers. Der mane in dem x grade des l(ewens). Saturnus in dem xxv grade des lewens und geet hindersich. (Jupiter) in dem xxiii grade der wagen. Mars in dem xxv grade des scor(pions). Venus in dem xi grade des waszergieszers und geet hindersich. Mer)curius in dem xxvi grade desselben zeichens.

Februarius

Off den virden dag Februarii das ist of pfaffenfasznacht zu ix uren nach mittage ist der mane nuwe. Und sint sonne und mane in dem xxv grade des wassergiessers. Saturnus in dem xxiiii grade des lewens und geet hindersich. Jupiter in dem xxiii grade der wagen und geet hindersich. Mars in dem xv grade des scorpions. Venus in dem iiii grade des waszergieszers und geet hindersich. Mercurius in dem x grade der fische und geet hindersich.

Off den xix dag desselben mandts x uren nach mittage ist der mane foll. Und ist die sonne in dem x grade der fische. Der mane in dem x grade der Jungfrauwen. Saturnus in dem xxiii grade des lewens und geet hindersich. Jupiter in dem (-?-)iii⁷⁷ grade (der wa)gen und geet hindersich. Mars in dem xxii grade des sco(rpions.) Venus in dem iiii grade der fische. Mercurius in dem ersten (grade der) fische und geet hindersich.

⁷⁶Wir schlagen hier „dem x“ vor, weil bei Vollmond $l_{\text{Sonne}} = l_{\text{Mond}} + 180^\circ$ gilt.

„x“ wird auch durch unsere Berechnungen (siehe Kapitel 17.3.4 (1)) nahegelegt.

⁷⁷Wir schlagen hier „iii“ oder eventuell „iiii“ vor (siehe Kapitel 17.3.4 (6))

Marcius

Off den funfften dag des Merczen zu vier uren des mo(rgens) ist der mane nuwe. Und sind sonne und mane in dem (-?-)⁷⁸ grade der fische. Saturnus in dem xxii grade des lewens un(d geet) hindersich. Jupiter in dem xxii grade der wagen und geet h(inder)sich. Mars in dem xxvii grade des scorpions. Venus in d(em -?-)⁷⁹ grade des wassergiessers. Mercurius in dem xxvii grade de(sselben) zeichens.

Off den xx dag desselben mandts zu iii uren nac(h mit)tage ist der mane foll. Und ist die sonne in dem ix grade des (wid)ders. Der mane in dem ix grade der wagen. Saturnus in de(m -?)⁸⁰ grade des lewens und geet hindersich. Jupiter in dem xx grad(e der) wagen und geet hindersich. Mars in dem ersten grade des sch(uczen.) Venus in dem xxiii grade des wassergiessers. Mercurius in de(m -?)⁸¹ grade der (fische.)

Aprilis

Off den dritten dag des Aprils zu vier uren nach mitta(ge ist) der mane nuwe. Und sint sonne und mane in dem xxi(-?- grade)⁸² des widders. Saturnus in dem xx grade des lewens und geet (hinder[?])sich. Jupiter in dem xviii grade der wagen und geet hindersich. M(ars) in dem iii grade des schuczen. Venus in dem vi grade (der fische.) Mercurius in dem viii grade des widders.

Off den xix da(g des)selben mandts zu vi uren des morgens ist der mane foll. U(nd ist) die sonne in dem vi(-?- grade)⁸³ des oszen. Der mane in dem vi(-?- grade)⁸⁴ des scorpions. Saturnus in dem xx grade des lewens un(d geet) vorsich. Jupiter in dem xvi grade der Wagen und geet hind(ersich.) Mars in dem andern grade des schuczen und geet hindersich. (Venus) in dem xxiii grade der fische. Mercurius in dem viii grade de(s oscen.)

Erläuterungen:

Eingeklammerte Textteile:

Die eingeklammerten Textteile sind nicht in den Fragmenten enthalten, weil sie vom Buchbinder abgeschnitten wurden. Ihr vermuteter Inhalt ist daher nur aus dem Zusammenhang und dem Verlauf des restlichen Textes erschlossen. Dies ist für Worte sehr gut möglich und auch weitgehend unkritisch. Dagegen sind die verlorenen Zahlenangaben so nicht rekonstruierbar. Wir haben diese durch -?- kenntlich gemacht.

⁷⁸Nach unseren Berechnungen wäre hier „xxiiii“ zu ergänzen (siehe Kapitel 17.3.4 (1))

⁷⁹Wir schlagen hier „em xi“ vor (siehe Kapitel 17.3.4 (4))

⁸⁰Wir schlagen hier „m xxi“ vor (siehe Kapitel 17.3.4 (7))

⁸¹Wir schlagen hier „m xiiii“ oder „m xv“ vor (siehe Kapitel 17.3.4 (3)).

⁸²Nach unseren Berechnungen sollte hier „xxiii grade“ stehen (siehe Kapitel 17.3.4 (1))

⁸³Nach unseren Berechnungen sollte hier „viii grade“ stehen (siehe Kapitel 17.3.4 (1))

⁸⁴Weil bei Vollmond $l_{Mond} = l_{Sonne} + 180^\circ$ gilt, sollte hier auch „viii grade“ stehen

mandt = Monat
vieer uren des morgens = 4 Uhr vormittags (morgens)
zwo uren vor mittag = 2 Stunden vor dem Mittag = 10 Uhr vormittags
iii uren nach mittag = 3 Uhr nachmittags = 15 Uhr
pfaffenfasznacht = Pfaffenfastnacht = Sonntag „Esto mihi“ vor Fastnacht,
 liegt immer 49 Tage (7 Wochen) vor Ostersonntag
mane (ist) nuwe = Mond ist neu = Neumond
mane (ist) foll = Mond ist voll = Vollmond
geet vorsich = geht vorsich = geht vorwärts
 = prograde (direkte) Bewegung des Planeten
 = seine ekliptische Länge $l(t)$ nimmt mit der Zeit t zu
geet hindersich = geht hintersich = geht rückwärts
 = retrograde Bewegung des Planeten
 = seine ekliptische Länge $l(t)$ nimmt mit der Zeit t ab
sonne in dem xxv grade des steinbocks
 = die ekliptische Länge l der Sonne beträgt 25 Bogen-Grad,
 gerechnet vom Beginn des Tierkreiszeichens des Steinbocks
 = die ekliptische Länge l der Sonne beträgt 295° ,
 gerechnet vom Frühlingspunkt aus,
 nämlich 25° plus 270° (Beginn des Steinbocks)

(Beginn eines Tierkreiszeichens = Anfang des Tierkreiszeichens in ekliptischer Länge l , gemessen vom Frühlingspunkt aus.
Jedes Tierkreiszeichen ist 30° lang.)

<i>Deutscher Name</i>	<i>lateinisch</i>	<i>Beginn</i>
Widder = widder	Aries	0°
Stier = osze	Taurus	30°
Zwillinge	Gemini	60°
Krebs	Cancer	90°
Löwe = lewe	Leo	120°
Jungfrau = Jungfrauwe	Virgo	150°
Waage = wage	Libra	180°
Skorpion = scorpion	Scorpio	210°
Schütze = schucze	Sagittarius	240°
Steinbock	Capricornus	270°
Wassermann = wassergiesser	Aquarius	300°
Fische = fische	Pisces	330°

177

Astronomische Ephemeriden-Daten in den Fragmenten:

Die Fragmente des AK enthalten zahlreiche Angaben, bei denen es sich eindeutig um astronomische Ephemeriden handelt:

In jedem Monat wird der Zeitpunkt des Neumondes und der des Vollmondes mit Tag und Uhrzeit angegeben. Es handelt sich zusammen um acht Zeitpunkte.

Die Uhrzeit ist mit höchster Wahrscheinlichkeit mittlere Ortszeit in bürgerlichem Sinne (d.h. mittags = 12 Uhr, Mitternacht = 24 Uhr). Wahre Ortszeit kommt kaum in Frage, weil die Anbringung der Zeitgleichung zusätzliche Arbeit erfordert hätte und dies bei der Ungenauigkeit der damaligen Ephemeriden auch ohne praktische Bedeutung war. Mit Sicherheit ist auszuschließen, daß es sich um mittlere oder wahre Ortszeit im damaligen astronomischen Sinne handelt (Mittag um 0 Uhr astronomischer Zeit, Mitternacht um 12 Uhr astronomischer Zeit), denn dann wäre die stets relativ gute Übereinstimmung der im AK genannten Zeitpunkte von Neu- bzw. Vollmond mit den modernen Werten (siehe z.B. Kapitel 17.3, Tabelle 8) völlig unverständlich⁸⁶.

Die angegebene Ortszeit hängt, wie der Name sagt, vom betrachteten Ort ab, genauer von seiner geographischen Länge λ . Die Fragmente enthalten leider keinen Hinweis auf den gemeinten Ort. Bauschinger (1902, S. 5) benutzt für seine Vergleichsrechnungen $\lambda = +40^m = +10^\circ$. Dieser Wert würde relativ genau für Ulm oder Würzburg zutreffen. Mainz liegt bei $\lambda = +33^m = +8^\circ 16'$, Nürnberg bei $\lambda = +44^m = +11^\circ 5'$, Straßburg bei $\lambda = +31^m = +7^\circ 45'$. Bauschinger meinte aber vermutlich keinen bestimmten Ort, sondern nur das westliche Deutschland, wohl weil der Text des AK auf Deutsch in rhein-fränkischer Mundart abgefaßt ist. Aus einem Vergleich der Zeitangaben in den Ephemeriden des AK mit modernen Ephemeriden läßt sich leider kein brauchbares Ergebnis zur im AK benutzten geographischen Länge λ ableiten. Dazu müßten die Zeitangaben im AK genauer sein, z.B. Zeitminuten nennen. Wir können daher nicht einmal mit Sicherheit ausschließen, daß die Zeitangaben im AK sich z.B. auf die Ortszeit von Toledo in Spanien beziehen (moderner Wert: $\lambda = -16^m = -4^\circ 2'$), weil die Alfonsinischen Tafeln primär Resultate für diesen Meridian liefern.

Die Fragmente geben ferner die ekliptischen Längen von Sonne, Mond, Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur an, und zwar stets in dieser Reihenfolge. Die ekliptischen Längen sind in den Fragmenten in Bogen-Grad angegeben. Die Werte beziehen sich aber auf den Beginn des Tierkreiszeichens, in dem sich der Himmelskörper gerade befindet. Um die ekliptische Länge l in unserem heutigen Sinne zu erhalten, die einheitlich vom Frühlingspunkt aus gerechnet wird, muß man zu dem in den Fragmenten angegebenen Wert noch

⁸⁶Dagegen behauptet Stegemann (1948, S. 53, Fußnote 2), daß einige der Zeitangaben im AK in astronomischer Zeit gegeben seien

den Wert des Beginns des genannten Tierkreiszeichens addieren (siehe unsere obigen Erläuterungen und die dortige Tabelle mit den Start-Werten für alle Tierkreiszeichen).

Leider sind einige Längenangaben dem Textverlust zum Opfer gefallen oder zumindest verstümmelt: Die Länge der Sonne am 21. Januar im Wassermann fehlt. Von der Länge des Jupiter am 19. Februar können wir nur sagen, daß sie größer oder gleich 3 in der Waage sein muß. Für den 5. März fehlen die Längen von Sonne und Mond (in den Fischen) und von der Venus (im Wassermann). Am 20. März fehlen die Längen von Saturn (im Löwen) und von Merkur (in den Fischen). Am 3. April muß die Länge von Sonne und Mond größer oder gleich 21 (im Widder) sein. Für den 19. April muß die Länge der Sonne größer oder gleich 6 (im Stier) sein, die Länge des Mondes größer oder gleich 6 (im Skorpion). Für Merkur ist am 19. April zwar die Gradzahl, aber nicht das Tierkreiszeichen überliefert. Dieses kann man aber aus himmelsmechanischen Vergleichen sehr sicher als das des Stiers identifizieren.

Am 19. März nennt der AK für den Mars als Länge nur „in dem andern Grade“ des Schützen. Zedler, Bauschinger und andere Autoren haben diese Angabe nicht benutzt. Wir sind sehr sicher, daß dies als „in dem zweiten Grade“ zu deuten ist. In der Literatur wird „anderer“ als veraltetes Synonym für „zweiter“ angeführt. Offenbar wurden damals die Zahlworte für 1 und 2 ausgeschreiben (z.B. am 20. März für die Länge des Mars: „in dem ersten Grade“). Erst ab „drei“ wurden römische Zahlen (iii = III usw.) benutzt (z.B. für Merkur am 6. Januar und für Mars am 3. April).

Die aus dem AK folgenden Zeitangaben und die in Bezug auf den Frühlingspunkt umgerechneten ekliptischen Längen der Himmelskörper geben wir in Kapitel 17.3 in Tabelle 8 bzw. in den Tabellen 14 bis 21 in der Spalte „Fragment (AK)“.

Auf welchen genauen Zeitpunkt beziehen sich die Längenangaben im AK? Bauschinger und andere Autoren gehen quasi selbstverständlich davon aus, daß die Längen zum Zeitpunkt des Neu- bzw. Vollmondes gelten, der immer kurz vorher im AK angegeben ist. Das ist zwar sehr wahrscheinlich, wird aber im AK nicht explizit gesagt. Diese Annahme ist dann besonders plausibel, wenn die im AK gegebenen Ephemeriden stets individuell für den genauen Zeitpunkt von Neu- bzw. Vollmond direkt aus den Alfonsinischen Tafeln (AT) berechnet wurden. Denn dann ist es einfacher und bequemer, die Ephemeriden für alle Himmelskörper zum exakt gleichen Zeitpunkt zu berechnen, da man für die Ephemeriden von Mond und Planeten bei Benutzung der AT die gleichzeitigen Daten für die Sonne zur Hand haben muß. Wären die im AK gegebenen Ephemeriden aber aus einem sogenannten Jahrbuch entnommen worden, dann wäre die Lage eine andere. Denn in einem Jahrbuch sind die Ephemeriden-Daten nicht für die Zeitpunkte spezieller Mondphasen tabelliert, sondern meist für jeden Tag zu einer festen Uhrzeit (z.B. 0 Uhr oder 12 Uhr).

Dann könnte der Zeitpunkt, für den die im AK gegebenen Längen gelten, vom Zeitpunkt des Neu- bzw. Vollmondes am selben Tage um viele Stunden abweichen. Das könnte aber nur beim Mond zu sehr großen Mißdeutungen führen. Der Vergleich der ekliptischen Längen des Mondes, die im AK gegeben werden, mit den entsprechenden Werten aus den AT und mit modernen Werten sprechen eindeutig dafür, daß zumindest der Gültigkeits-Zeitpunkt der Längen im AK für Sonne und Mond der Zeitpunkt des im AK angegebenen Wertes für Neu- bzw. Vollmond ist (siehe Kapitel 17.3, Tabelle 8). Wir werden dies im Folgenden auch für Planeten stets voraussetzen. Falls aber die Längen der Planeten Merkur bis Saturn doch aus einem Jahrbuch zu festen Terminen, z.B. für den Mittag (0^h astronomischer Zeit), entnommen sein sollten, so ist der entsprechende Unterschied zwischen diesen Längen und denen, die aus unserer Annahme folgen, wegen der nur relativ langsamen Änderung der Längen der Planeten mit der Zeit im Vergleich zu den Ungenauigkeiten der Ephemeriden zu vernachlässigen.

17.2 Datierung des „Astronomischen Kalenders“ für 1448

Die astronomischen Angaben in den Fragmenten des „Astronomischen Kalenders“ (AK) gelten (vor allem in dem hauptsächlich zu betrachtenden Zeitraum (14. bis 16. Jahrhundert)) eindeutig nur für das Jahr 1448. Dieses Erkenntnis ist dem damaligen Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts, Julius Bauschinger, zu verdanken.

Bauschingers Vorgehensweise bei der Datierung des AK auf das Jahr 1448 haben wir bereits ausführlich in Kapitel 5.2.2 geschildert. Wir wiederholen daher hier nur die entscheidenden Schritte:

(1) Aus der Angabe des AK, daß Pfaffenfastnacht im gesuchten Kalenderjahr auf den 4. Februar fiel, ergibt sich als Datum für den Ostersonntag in einem Schaltjahr der 24. März oder in einem Gemeinjahr (ohne Schalttag) der 25. März.

(2) Der erste Neumond des gesuchten Jahres fiel nach dem AK auf den 6. Januar.

(3) Beide Bedingungen zusammen (korrekter Ostertermin und korrekter Termin des ersten Neumondes) sind im betrachteten Zeitraum nur für das Jahr 1448 erfüllt.

(4) Eine Überprüfung der im AK gegebenen ekliptischen Längen durch Ephemeriden-Daten, die von Bauschinger und seinem Mitarbeiter Stichtenoth mit Hilfe moderner Tafeln berechnet wurden, zeigen für das Jahr 1448 sehr gute Übereinstimmung.

Insbesondere der Punkt (4) schließt andere Jahre für den AK völlig aus. Denn die relative Lage (in ekliptischer Länge) der Sonne, des Mondes und der fünf Planeten (Merkur bis Saturn) zueinander wiederholt sich in dem zur Diskussion stehenden Zeitraum nie. Zwar gibt es bei den scheinbaren Bewegungen dieser Himmelskörper an der Himmelssphäre durchaus Periodizitäten, die bereits im Altertum bekannt waren und die zur Aufstellung von sogenannten „immerwährenden Ephemeriden“ oder „ewigen Tafeln“ Anlaß gaben (siehe z.B. Wegener (1905b, Kapitel 5, S. 171 ff) und van der Waerden (1988, S. 219 ff)). Die Perioden für die einzelnen Himmelskörper sind aber nicht kommensurabel, sodaß eine Wiederholung der im AK beschriebenen Konstellation von Mond und Planeten und ihrer Veränderung über vier Monate hinweg in anderen Jahren des betrachteten Zeitraums nicht eintritt.

17.3 Vergleich von Ephemeriden-Daten für 1448

17.3.1 Frühere Vergleiche von Ephemeriden-Daten für 1448

In den folgenden Kapiteln vergleichen wir die in den Fragmenten des „Astronomischen Kalenders“ (AK) für 1448 gegebenen Ephemeriden-Daten

- (1) mit den entsprechenden Daten,
die sich aus den Alfonsinischen Tafeln (AT) ergeben, und
- (2) mit modernen Ephemeriden-Daten.

Der Vergleich der AK-Daten mit den entsprechenden Werten aus den Alfonsinischen Tafeln (AT) ist unser zentrales Anliegen in den folgenden Kapiteln. Bauschinger hat ein solches Vorhaben nicht sofort in Angriff genommen, weil die AT noch nicht in einer leicht handhabbaren Form vorlagen. Das hat sich seit Wegeners Dissertation (1905a) drastisch verbessert. Warum aber nach 1904/05 weder Bauschinger noch Wegener einen solchen Vergleich zwischen AK und AT durchgeführt haben, wissen wir nicht (siehe Kapitel 9.3). Jedenfalls ist nichts in dieser Hinsicht publiziert oder überliefert worden. Wir holen diesen Vergleich hier nach. Im Folgenden benutzen wir für die AT-Daten stets die Ergebnisse, die wir mit Hilfe der von Wegener umgerechneten Tafeln erhalten haben.

Einen teilweisen Vergleich der AK-Daten mit AT-Werten hat bereits Stegemann (1948) veröffentlicht. Auch er benutzte die umgerechneten AT von Wegener (1905a). Allerdings hat Stegemann nur einige wenige AK-Werte mit AT-Daten verglichen: alle sieben Längenangaben für den 6. Januar, eine für den 21. Januar (Mars), eine für den 4. Februar (Merkur), zwei für den 19. Februar (Venus, Jupiter), und eine für den 5. März (Saturn). Da Stegemann mit dem Vergleich der AK-Werte mit seinen AT-Resultaten zufriedengestellt war, schreibt er (Stegemann (1948, S. 54, Fußnote 8): „Weitere Kontrollrechnungen mit den Alfonsinischen Tafeln wurden daher von mir nicht durchgeführt“. Von

den im AK überlieferten 45 ekliptischen Längen hat Stegemann also nur rund ein Viertel mit von ihm berechneten AT-Werten verglichen. Bei einigen der von Stegemann genannten AT-Zahlenwerte liegen offensichtliche Rechenfehler vor, z.B. bei der Länge des Mars am 21. Januar (Stegemann: $l = 228^\circ.65$, unsere Tabelle 19: $l = 219^\circ.66$). Ferner vernachlässigt Stegemann den Zeitunterschied (ca. eine Stunde) zwischen Toledo (Bezugsort der AT) und dem Ort in Deutschland, für den der AK vermutlich gelten soll. Der Effekt dieser Vereinfachung ist aber in Bezug auf die Längen meist gering (außer beim Mond). Die acht Zeitpunkte für Neu- und Vollmond, die im AK genannt sind, hat Stegemann überhaupt nicht mit den entsprechenden Zahlen verglichen, die man aus den AT (allerdings etwas aufwendiger) berechnen kann. Insgesamt erschien uns daher ein vollständiger Vergleich der AK-Daten mit den AT-Werten, die wir nach Wegeners Tafelwerk berechnet haben, wünschenswert.

Den Vergleich der AK-Daten mit (damals) modernen Daten hat bereits Bauschinger 1902 publiziert. Wir wiederholen diesen Vergleich mit heutigen Ephemeriden-Daten. Die heutigen Daten sind gegenüber Bauschingers Zahlenwerten, die über ein Jahrhundert zurückliegen, natürlich deutlich verbessert, schon aufgrund des technischen Fortschritts (z.B. durch die Raumsonden). Allerdings ist das für den Vergleich mit den AK-Daten weniger wichtig, weil die AK-Daten stark gerundet und auch inhaltlich viel ungenauer sind als sowohl Bauschingers Zahlen als auch unsere heutigen Ephemeriden. Immerhin zeigen unsere folgenden Tabellen auch, wie genau Bauschingers Daten von 1901/02 eigentlich waren.

17.3.2 Zu den im Vergleich benutzten Zeitangaben

Ein Vergleich der verschiedenen astronomischen Daten macht nur vollen Sinn, wenn diese für denselben Zeitpunkt gelten. Leider werden verschiedene Zeitdefinitionen für die verschiedenen Daten benutzt, was zunächst etwas verwirrend ist.

(1) Die Alfonsinischen Tafeln (AT) benutzen die mittlere Ortszeit MOZ in Toledo, und zwar in der damals üblichen astronomischen Definition. Danach beginnt der astronomische Tag um 0 Uhr zu demjenigen Zeitpunkt, an dem die bürgerliche Zeit desselben Tages 12 Uhr mittags beträgt (siehe unseren Kommentar zu Wegeners *Kapitel 3* in unserem Kapitel 7.3). Die bürgerliche Zeit in Toledo erhält man also, indem man zur astronomischen Zeit 12 Stunden addiert. Gegebenenfalls muß man das Tagesdatum um Eins erhöhen und von der Uhrzeit 24 Stunden subtrahieren, um die Uhrzeit wieder in den Bereich von 0^h bis 24^h zu reduzieren. Umgekehrt erhält man die astronomische Zeit, indem man von der bürgerlichen Zeit 12 Stunden abzieht. Ist das Ergebnis negativ, so muß man 24 Stunden addieren und das Tagesdatum um Eins erniedrigen.

(2) Die Alfonsinischen Tafeln (AT) benutzen die mittlere Ortszeit MOZ(AT) in Toledo, wobei sich nach Wegener (1905a, S. 12) die mittlere Ortszeit MOZ(AT) wegen der für uns ungewöhnlichen Definition der Zeitgleichung in den AT von der heute üblichen Definition der mittleren Ortszeit MOZ(heute) um 16 Minuten unterscheidet: $\text{MOZ(AT)} = \text{MOZ(heute)} - 16^m$. Wir benutzen die Zeitgleichung zwar nicht, weil wir an keiner Stelle mit wahrer Ortszeit arbeiten, müssen aber trotzdem die obige Korrektur um 16 Minuten an vielen Stellen berücksichtigen.

(3) Wir gehen davon aus, daß die Uhrzeiten in den Fragmenten des AK in mittlerer Ortszeit MOZ in bürgerlicher Form gemeint sind. Wir nehmen ferner an, daß die Definition der Ortszeit damals im Sinne der AT erfolgt ist (MOZ(AT), siehe Punkt (2)).

(4) Der Ort, für den die Zeitangaben in den Fragmenten des AK gelten (von uns hier abkürzend „AK-Ort“ genannt), ist nicht genau bekannt. Aus Gründen der Kontinuität mit den Untersuchungen von Bauschinger benutzen wir für diesen AK-Ort die geographische Länge, die auch Bauschinger (1902, S. 5) in seinem Vergleich verwendet hat, nämlich $\lambda = +40^m = +10^\circ$ (östlich von Greenwich). Nach Wegener (1905a, S. 11) beträgt die geographische Länge von Toledo $\lambda = -15^m 57^s$. Wir runden zur Vereinfachung diesen Wert auf -16^m , was auch dem heute angenommenen Wert von Toledo entspricht ($\lambda = -4^\circ 02'$, westlich von Greenwich). Daß dieser Wert von -16^m genau der Korrektur von MOZ(heute) auf MOZ(AT) (siehe Punkt (2)) entspricht, ist reiner Zufall. Für den Zeitunterschied zwischen dem AK-Ort und Toledo benutzen wir also den Wert von $+40^m - (-16^m) = +56^m$. Wenn man Daten im AK mit selbst berechneten Ergebnissen aus den Alfonsinischen Tafeln (AT) vergleichen will, dann muß man in die AT mit folgendem Wert für die Zeit t eingehen:

$$\begin{aligned} \text{Zeitpunkt für AT} &= \\ &\quad \text{Zeitpunkt im AK} \\ &\quad - 12^h \text{ (wegen der Umrechnung von bürgerlicher in astron. Zeit)} \\ &\quad - 56^m \text{ (wegen der Längendifferenz des AK-Orts zu Toledo)} \\ &= \text{Zeitpunkt im AK} - 12^h 56^m . \end{aligned}$$

(5) Die von uns in unserem Vergleich benutzten heutigen modernen Daten sind zunächst stets für Zeitpunkte in 'Universal Time (UT)' tabelliert. Es handelt sich dabei um mittlere Ortszeit MOZ in Greenwich, d.h. bei $\lambda = 0$, und zwar gezählt in bürgerlichem Sinne und nach heutiger Definition der MOZ. Wenn man diese modernen Daten mit den Angaben im AK vergleichen will, dann muß man den Zeitpunkt für den AK wie folgt umrechnen:

$$\begin{aligned} \text{Zeitpunkt im AK} &= \\ &\quad \text{UT} + 40^m \text{ (wegen der Längendifferenz des AK-Orts zu Greenwich)} \\ &\quad - 16^m \text{ (wegen der Korrektur der MOZ(heute) auf MOZ(AT))} \\ &= \text{UT} + 24^m . \end{aligned}$$

Wenn umgekehrt der Zeitpunkt durch den AK vorgegeben ist, dann muß man die modernen Daten in den Tabellen bei dem folgenden Zeitpunkt in UT aufsuchen:

$$\text{Zeitpunkt in UT} = \text{Zeitpunkt im AK} - 24^m .$$

(6) Die Zeitangaben von Bauschinger (1902) sind bürgerliche Ortszeit MOZ eines Ortes mit der geographischen Länge $\lambda = +40^m = +10^\circ$. Die Differenz zwischen MOZ(heute) und MOZ(AT) von $+16^m$ hat Bauschinger unserer Meinung nach nicht berücksichtigt (siehe unseren Kommentar zur Tabelle 13 mit den Zeiten der Syzygien im Jahr 1448). Diese Differenz war Bauschinger 1901/02 vermutlich überhaupt nicht bekannt und wurde erst von Wegener (1905a) herausgearbeitet. Bauschingers MOZ-Angaben sind in unserer Terminologie sehr wahrscheinlich als MOZ(heute) und nicht als MOZ(AT) zu verstehen.

Will man den von Bauschinger gegebenen Zeitpunkt in einen Zeitpunkt in UT umrechnen, dann gilt somit:

$$\text{Zeitpunkt in UT} = \text{Zeitpunkt nach Bauschinger} - 40^m ,$$

oder umgekehrt:

$$\text{Zeitpunkt nach Bauschinger} = \text{Zeitpunkt in UT} + 40^m .$$

17.3.3 Vergleich der Zeitangaben für Neu- und Vollmond im Jahr 1448

Wir beginnen mit dem Vergleich der Zeitangaben für den Eintritt des Neumondes und des Vollmondes, der sogenannten Syzygien⁸⁷ (siehe Tabelle 8). Die Zeitangaben des AK sind den Fragmenten entnommen ($t_{aus\ AK}$). Sie sind dort auf volle Stunden gerundet. Die Zeitangaben nach den AT haben wir selbst berechnet ($t_{nach\ AT}$). Dazu haben wir nach den von Wegener umgerechneten AT die ekliptischen Längen l der Sonne und des Mondes für plausible Startwerte der Zeitpunkte t berechnet, und diese Rechnungen unter Variation von t solange iteriert, bis die Bedingung für Neumond ($l_{Mond} = l_{Sonne}$) bzw. für Vollmond ($l_{Mond} = l_{Sonne} \pm 180^\circ$) hinreichend gut erfüllt waren. Unsere Werte der Zeitpunkte der Syzygien nach den AT sollten auf eine Zeitminute genau sein. Die Zeitpunkte der Syzygien nach modernen Ephemeriden haben wir dem „Six Millennium Catalog of Phases of the Moon“ von F. Espenak entnommen (siehe im Literaturverzeichnis unter NASA Eclipse Web Site (2016)).

Von den acht im AK angeführten Syzygien stimmen nur drei Zeitpunkte im Rahmen ihrer Rundung perfekt mit den nach den AT berechneten Zeitpunkten überein. Die anderen fünf AK-Werte weichen von den AK-Werten betragsmäßig zwischen 51 Minuten und fast zwei Stunden ab. Aus den ungerundeten Differenzen erhält man als Mittelwert:

$$\text{Mittelwert von } \Delta t (\text{Fragment} - \text{AT}) = -20^m \pm 25^m \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Zeitpunkte des AK zeigen also keine signifikante systematische Abweichung gegenüber den AT-Werten. Die Streuung der Differenzen $\Delta t (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt 69^m , also etwas über eine Stunde. Um ihren obigen Mittelwert streuen die acht Differenzen um 66^m .

In Tabelle 10 vergleichen wir nicht die einzelnen Zeitpunkte der Syzygien, sondern die Dauer einer Lunation, die wir hier mit DL abkürzen. Unter der Dauer einer Lunation DL versteht man die Zeitspanne, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Neumonden liegt. Im von uns behandelten Zeitraum des AK liegen drei volle Lunationen. Die drei Werte von DL dieser Lunationen differieren zwischen dem AK und den AT um $+0^h\ 56^m$, $-2^h\ 47^m$, und $+1^h\ 58^m$.

Auch in der Zeitdauer der ersten Hälfte der Lunation, von Neumond bis Vollmond, und der zweiten Hälfte der Lunation, von Vollmond bis zum nächsten Neumond, unterscheiden sich AK und AT teilweise deutlich (maximal um zweieinhalb Stunden).

⁸⁷Der Begriff der Syzygie faßt hier die Begriffe der Konjunktion von Sonne und Mond (Neumond) und ihrer Opposition (Vollmond) zusammen. Das Wort stammt vom griechischen „syzygios“ für „Gespann“.

Warum sind die Angaben des AK für die Zeitpunkte der Syzygien im Vergleich zu denen aus den AT relativ ungenauer als die im folgenden Kapitel 17.3.4 verglichenen Werte der ekliptischen Längen von Sonne und Mond? Der Grund liegt sicher darin, daß das Berechnungsverfahren für den Zeitpunkt $t_{syzygie}$ einer Syzygie deutlich aufwendiger ist als das für eine einzelne ekliptische Länge.

Die ekliptische Länge $l(t)$ eines Himmelskörpers kann zu einem frei gewählten Zeitpunkt t aus den AT direkt in einem Rechengang berechnet werden. Weitaus komplizierter ist es festzustellen, wann genau die Bedingung für eine Syzygie (Längen-Differenz Mond minus Sonne gleich 0° oder 180°) erfüllt ist. Wenn man maximale Genauigkeit anstrebt, dann ist das nur durch eine aufwendige Iteration möglich, bei der man t solange variiert, bis die Syzygien-Bedingung für $l_{Mond}(t)$ und $l_{Sonne}(t)$ erfüllt ist und man damit die gesuchte Zeit $t_{syzygie}$ gefunden hat.

Eine erste Näherung für den Zeitpunkt einer „wahren Syzygie“ kann man aus dem der sogenannten „mittleren Syzygie“ finden. Hierfür betrachtet man die „mittlere Bewegung“ (motus medius) $\mu(t)$ des Mondes und der Sonne. Die mittlere Bewegung $\mu(t)$ ist jeweils eine lineare Funktion der Zeit t . Sie kann aus den Angaben in den AT berechnet werden (siehe z.B. Kapitel 7.4.1). Die Zeit t , bei der die Werte von $\mu(t)$ von Sonne und Mond gleich sind oder sich um 180° unterscheiden, ergibt den Zeitpunkt $t_{mittl.syzyg}$ einer mittleren Syzygie. Diesen Schnittpunkt kann man für lineare Funktionen relativ leicht berechnen. Graphisch kann man sich das für den Neumond als Schnittpunkt der Geraden $\mu_{Mond}(t)$ mit der Geraden $\mu_{Sonne}(t)$ veranschaulichen. Der Verlauf der (wahren) ekliptischen Längen $l_{Mond}(t)$ und $l_{Sonne}(t)$ ist aber nichtlinear und der Schnittpunkt dieser beiden Kurven daher nicht so einfach zu berechnen. In Tabelle 9 geben wir den Zeitpunkt $t_{mittl.syzyg}$ der mittleren Syzygie nach den AT für die acht Syzygien im AK. Man sieht in Tabelle 9, daß sich wahre und mittlere Syzygie um mehr als 10 Stunden unterscheiden können.

Wie oben beschrieben, kann man den Zeitpunkt der wahren Syzygie durch Iteration bestimmen, was aber rechenaufwendig ist. Man hat daher stets nach vereinfachten Verfahren zur schnelleren Bestimmung von $t_{syzygie}$ aus $t_{mittl.syzyg}$ gesucht (siehe z.B. Chabás und Goldstein (1997) und Kremer (2003)). Bereits Ptolemäus hat im Almagest eine Näherungsmethode dafür angegeben, die eine konstante Winkelgeschwindigkeit des Mondes relativ zur Sonne voraussetzt. Dazu geben die AT Hilfstafeln, z.B. die „TABVLA veri motus Solis & Lunae in vna horis“ oder „TABVLA motus Lunae in vno minuto diei“. Später gab es zahlreiche andere Varianten, bei denen die wechselnden Winkelgeschwindigkeiten von Sonne und Mond berücksichtigt wurden. Die von uns in der letzten Spalte der Tabelle 9 aufgeführten Zeitdifferenzen zwischen $t_{syzygie}$ und $t_{mittl.syzyg}$ stimmen erfreulicherweise hervorragend mit den entsprechenden „Zeitkorrekturen“ (Time corrections) überein, die Kremer (2003, S. 274, Table 4) unter John of Saxony, Peurbach und Regiomontanus angibt.

Die Abweichungen der im AK angegebenen Syzygien-Zeitpunkte von den aus den AT folgenden Zeiten liegen vermutlich daran, daß der Berechner der AK-Angaben entweder nur ein groberes Verfahren zur Umrechnung der mittleren Syzygien in wahre Syzygien benutzt hat, oder daß er das Iterationsverfahren sehr früh abgebrochen hat. Vielleicht wollte er die Zeitpunkte der Syzygien aber auch nur auf ungefähr eine Stunde genau bestimmen.

Zumindest beim Iterationsverfahren erhält man als Beiprodukt auch die ekliptischen Längen von Sonne und Mond zum Zeitpunkt der Syzygien. Wie wir in Kapitel 17.3.4 (1) ausführen werden, stimmen die im AK angegebenen Sonnenlängen im Rahmen der Rundung auf ganze Grad perfekt mit den aus den AT berechneten Längen überein. Das ist trotz der Abweichungen in den Zeitpunkten der Syzygien nicht erstaunlich, weil sich die Sonne in einer Stunde in l nur um $0^\circ.04$ fortbewegt. Daher bewirkt der maximale Fehler des AK in $t_{syzygie}$ von knapp 2 Stunden nur eine Abweichung in l von $0^\circ.08$, die durch die Rundung auf ganze Grad völlig überdeckt wird. Auf die Frage der Mondlängen des AK werden wir in Kapitel 17.3.4 (1) näher eingehen.

Zusammenfassend kann man davon ausgehen, daß die im „Astronomischen Kalender“ für 1448 genannten Zeitpunkte für Neu- und Vollmond mit Hilfe der Alfonsinischen Tafeln berechnet wurden, zum Teil allerdings nicht mit maximal möglicher Genauigkeit.

Ob der Verfasser des Manuskripts des AK die Zeitpunkte der Syzygien selbst berechnet hat oder sie aus ihm vorliegenden Manuskripten abgeschrieben hat, konnten wir nicht ermitteln. Im Mittelalter gab es zahllose Handschriften mit Angaben der Zeitpunkte der Syzygien. Denn nach dem Lauf des Mondes richteten sich damals viele Handlungen der Menschen, zum Beispiel das Säen und Ernten oder auch medizinische Eingriffe wie Aderlässe.

Zwei der im AK enthaltenen Syzygien waren mit Finsternissen verbunden, die aber in Mitteleuropa nicht sichtbar waren. Am 5. März 1448 fand eine totale Sonnenfinsternis über dem Indischen Ozean statt; am 20. März 1448 trat eine Halbschatten-Finsternis des Mondes (Penumbrale Mondfinsternis) ein, die im Osten Afrikas, in Asien und in Australien zu sehen war.

Tabelle 8
Vergleich von Zeitpunkten für Voll- und Neumond (Syzygien) im Jahr 1448:
Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553
für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$

Datum	Mond	Fragment (AK)	AT-1553 (umgerechnet nach Wegener)	Differenz: Fragment (AK) minus AT-1553 $t_{aus\ AK} - t_{nach\ AT}$	Modern (UT + 24^m)
1448		$t_{aus\ AK}$	$t_{nach\ AT}$		
6. Jan.	Neu	10^h	$10^h\ 06^m$	$- 0^h\ 06^m$	$9^h\ 40^m$
21. Jan.	Voll	3^h	$4^h\ 39^m$	$- 1^h\ 39^m$	$4^h\ 08^m$
4. Feb.	Neu	21^h	$20^h\ 09^m$	$+ 0^h\ 51^m$	$19^h\ 58^m$
19. Feb.	Voll	22^h	$23^h\ 04^m$	$- 1^h\ 04^m$	$22^h\ 52^m$
5. März	Neu	4^h	$5^h\ 56^m$	$- 1^h\ 56^m$	$6^h\ 07^m$
20. März	Voll	15^h	$15^h\ 14^m$	$- 0^h\ 14^m$	$15^h\ 28^m$
3. April	Neu	16^h	$15^h\ 58^m$	$+ 0^h\ 02^m$	$16^h\ 21^m$
19. April	Voll	6^h	$4^h\ 32^m$	$+ 1^h\ 28^m$	$4^h\ 58^m$

Tabelle 9
Vergleich von Zeitpunkten
der wahren Syzygien und der mittleren Syzygien
berechnet mit Wegeners umgerechneten AT-1553
für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$

Datum 1448	Mond	Fragment (AK)	Wahre Syzygie nach AT $t_{syzygie}$	Mittlere Syzygie nach AT $t_{mittl.syzyg}$	Differenz: Wahre minus mittlere Syz. $t_{syzygie}$ $- t_{mittl.syzyg}$
6. Jan.	Neu	10^h	$10^h 06^m$	$6^h 50^m$	$+ 3^h 16^m$
21. Jan.	Voll	3^h	$4^h 39^m$	$1^h 12^m$	$+ 3^h 27^m$
4. Feb.	Neu	21^h	$20^h 09^m$	$19^h 34^m$	$+ 0^h 35^m$
19. Feb.	Voll	22^h	$23^h 04^m$	$13^h 56^m$	$+ 9^h 08^m$
5. März	Neu	4^h	$5^h 56^m$	$8^h 18^m$	$- 2^h 22^m$
20. März	Voll	15^h	$15^h 14^m$	$2^h 40^m$	$+ 12^h 34^m$
3. April	Neu	16^h	$15^h 58^m$	$21^h 02^m$	$- 5^h 04^m$
19. April	Voll	6^h	$4^h 32^m$	$15^h 24^m$ (18. April)	$+ 13^h 08^m$

Wie gut stimmen die Daten für die Syzygien, die im AK gegeben sind, mit modernen Ephemeriden überein? Darüber gibt Tabelle 13 Auskunft.

Der Mittelwert der Differenzen der Zeitpunkte der Syzygien, Δt (AK – Modern), beträgt:

$$\text{Mittelwert von } \Delta t (\text{AK} - \text{Modern}) = -19^m \pm 23^m \quad \text{für } n = 8.$$

Die Zeitpunkte der Syzygien im AK zeigen also auch gegenüber den modernen Ephemeriden keinen signifikanten systematischen Fehler. Die AK-Werte streuen gegenüber den modernen Werten um 65^m , also praktisch genauso stark wie gegenüber den AT-Werten.

Die Zeitdauer DL der Lunationen variiert nach dem AK im ersten Vierteljahr von 1448 zwischen $29^d 07^h$ und $29^d 12^h$ (siehe Tabelle 10), also um 5 Stunden. Das entspricht nicht der Realität. Nach den modernen Ephemeriden unterscheiden sich die DL-Werte der drei ersten Lunationen im Jahr 1448 um nur 9 Minuten. Hier zeigt sich die oben besprochene Ungenauigkeit der Zeitpunkte der Syzygien im AK. Positiv für den AK ist aber zu vermerken, daß die Dauer der Lunationen einzeln bestimmt wurden und nicht etwa ein Mittelwert (synodischer Monat) verwendet wurde, wie das im sogenannten „Türkenkalender“ für das Jahr 1455 wohl der Fall ist (Simon (1988)). Das Gleiche gilt für die Dauer der ersten Hälfte der Lunation (von Neumond bis Vollmond) und der zweiten Hälfte (von Vollmond bis zum nächsten Neumond). Ein Vergleich der Tabellen 11 und 12 zeigt, daß sich diese „Halb“-Lunationen im AK (z.B. im Zeitraum vom 5.3. bis zum 3.4.) um mehr als einen Tag unterscheiden, also individuell ermittelt wurden (Unterschied im AK für diese Lunation: $1^d 05^h$; modern: $1^d 11^h$).

Tabelle 10

Vergleich der Dauer einer Lunation (von Neu- bis Neumond) im Jahr 1448:
Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553, mit Bauschingers Daten und mit modernen Daten

Zeitraum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 (umgerechnet nach Wegener)	Bauschinger	Modern
6.1. - 4.2.	$29^d 11^h$	$29^d 10^h 03^m$	$29^d 10^h 34^m$	$29^d 10^h 18^m$
4.2. - 5.3.	$29^d 07^h$	$29^d 09^h 47^m$	$29^d 09^h 50^m$	$29^d 10^h 09^m$
5.3. - 3.4.	$29^d 12^h$	$29^d 10^h 02^m$	$29^d 09^h 40^m$	$29^d 10^h 14^m$

Tabelle 11

Vergleich der Dauer der ersten Hälfte einer Lunation
(von Neu- bis Vollmond) im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit Daten nach Wegeners
umgerechneten AT-1553, mit Bauschingers Daten und mit modernen Daten

Zeitraum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 (umgerechnet nach Wegener)	Bauschinger	Modern
6.1. - 21.1.	$14^d 17^h$	$14^d 18^h 33^m$	$14^d 18^h 14^m$	$14^d 18^h 26^m$
4.2. - 19.2.	$15^d 01^h$	$15^d 02^h 55^m$	$15^d 02^h 09^m$	$15^d 02^h 54^m$
5.3. - 20.3.	$15^d 11^h$	$15^d 09^h 18^m$	$15^d 08^h 53^m$	$15^d 09^h 21^m$
3.4. - 19.4.	$15^d 14^h$	$15^d 12^h 34^m$	$15^d 12^h 25^m$	$15^d 12^h 37^m$

Tabelle 12

Vergleich der Dauer der zweiten Hälfte einer Lunation
(von Voll- bis Neumond) im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit Daten nach Wegeners
umgerechneten AT-1553, mit Bauschingers Daten und mit modernen Daten

Zeitraum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 (umgerechnet nach Wegener)	Bauschinger	Modern
21.1. - 4.2.	$14^d 18^h$	$14^d 15^h 30^m$	$14^d 16^h 20^m$	$14^d 15^h 52^m$
19.2. - 5.3.	$14^d 06^h$	$14^d 06^h 52^m$	$14^d 07^h 41^m$	$14^d 07^h 15^m$
20.3. - 3.4.	$14^d 01^h$	$14^d 00^h 44^m$	$14^d 00^h 47^m$	$14^d 00^h 53^m$

Tabelle 13

Vergleich von Zeitpunkten für Voll- und Neumond (Syzygien) im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit modernen Daten

für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und Korr. auf MOZ(AT) mit -16^m

Datum 1448	Mond- Phase	Bausch. (UT + 40^m)	Bausch. (UT)	Modern (UT)	Modern (UT + 24^m)	Frag- ment (AK)	Differenz: Fragm. – Mod.(UT + 24^m)
6. Jan.	Neu	$10^h 16^m$	$9^h 36^m$	$9^h 16^m$	$9^h 40^m$	10^h	+ $0^h 20^m$
21. Jan.	Voll	$4^h 30^m$	$3^h 50^m$	$3^h 42^m$	$4^h 06^m$	3^h	– $1^h 06^m$
4. Feb.	Neu	$20^h 50^m$	$20^h 10^m$	$19^h 34^m$	$19^h 58^m$	21^h	+ $1^h 02^m$
19. Feb.	Voll	$22^h 59^m$	$22^h 19^m$	$22^h 28^m$	$22^h 52^m$	22^h	– $0^h 52^m$
5. März	Neu	$6^h 40^m$	$6^h 00^m$	$5^h 43^m$	$6^h 07^m$	4^h	– $2^h 07^m$
20. März	Voll	$15^h 33^m$	$14^h 53^m$	$15^h 04^m$	$15^h 28^m$	15^h	– $0^h 28^m$
3. April	Neu	$16^h 20^m$	$15^h 40^m$	$15^h 57^m$	$16^h 21^m$	16^h	– $0^h 21^m$
19. April	Voll	$4^h 45^m$	$4^h 05^m$	$4^h 34^m$	$4^h 58^m$	6^h	+ $1^h 02^m$

Wir vergleichen jetzt die Daten für die Syzygien, die sich aus den AT ergeben, mit modernen Ephemeriden (Oben haben wir dagegen die im AK genannten Werte der Syzygien mit den modernen Daten verglichen).

Die AT-Werte für die Zeitpunkte der Syzygien zeigen im untersuchten Zeitraum eine relativ gute Übereinstimmung mit den modernen Werten (siehe Tabelle 8). Allerdings ist ein eindeutiger Trend in den Differenzen $\Delta t = t_{\text{syzygie}}(\text{AT}) - t_{\text{syzygie}}(\text{Modern})$ zu erkennen. Die Differenzen Δt sinken fast monoton ab 6. Januar 1448 von $+26^m$ bis 19. April 1448 auf -26^m . Daher ist der Mittelwert der Differenzen,

$$\text{Mittelwert von } \Delta t (\text{AT} - \text{Modern}) = +1^m \pm 8^m \quad \text{für } n = 8,$$

sicher nicht repräsentativ. Die Streuung der Differenzen beträgt 21^m , was sicher auch nicht auf andere Jahre übertragbar ist.

Auch die Zeitdauer DL der Lunationen bzw. der Halb-Lunationen sagen die AT recht genau voraus. Der maximale Fehler im AK-Zeitraum beträgt nur 22^m in DL. Das ist relativ gering im Verhältnis zu den realen Schwankungen der Lunationsdauer DL. Sie kann aufgrund von himmelsmechanischen Effekten um fast 14 Stunden zwischen ca. $29^d 06^h$ und ca. $29^d 20^h$ variieren. Der langfristige Mittelwert von DL ist der „synodische Monat“ mit einer Länge von ungefähr $29^d 12^h 44^m 03^s$.

Zum Abschluß dieses Kapitels wollen wir noch untersuchen, wie sich die Zeitpunkte der Syzygien, die Bauschinger (1902) angibt, von denen aus modernen Ephemeriden unterscheiden. Aus Tabelle 8 ergibt sich für die Differenzen der Zeitpunkte der Syzygien Δt (Bauschinger – Modern):

$$\text{Mittelwert von } \Delta t (\text{Bauschinger(UT)} - \text{Modern(UT)}) = +5^m \pm 8^m$$

mit einer Streuung der Differenzen von 22^m . Die Werte von Bauschinger weisen also keinen signifikanten systematischen Fehler gegenüber den modernen Ephemeriden auf⁸⁸. Hätte dagegen Bauschinger seine Werte von MOZ(heute) auf MOZ(AT) umgerechnet, dann müßte der obige Mittelwert der Differenzen um $\text{MOZ(heute)} - \text{MOZ(AT)} = +16^m$ auf $+21^m \pm 8^m$ korrigiert werden. Diese Abweichung wäre dann ziemlich signifikant. Wir schließen daraus, daß die Zeitangaben von Bauschinger sich auf MOZ(heute) beziehen und nicht auf MOZ(AT). Siehe dazu auch Kapitel 17.3.2 (6).

⁸⁸Umso mehr sind wir über die relativ große Streuung von 22^m für die von Bauschinger publizierten Werte erstaunt. Die AT sind mit einer Streuung von 21^m gegenüber den modernen Ephemeriden nicht schlechter! Wir konnten nicht aufklären, wodurch die relativ starken zufälligen Abweichungen in Δt (Bauschinger(UT) – Modern(UT)) für die Syzygien hervorgerufen werden. Vermutlich wurde von Stichtenoth und/oder Bauschinger die Iteration zur Bestimmung von t_{syzygie} nicht weit genug durchgeführt. Fehler in den Tafeln von Newcomb und Hill kommen zwar für die Zeit um 1448 ebenfalls in Frage, sollten dann aber auch den Mittelwert systematisch verfälschen.

17.3.4 Vergleich der ekliptischen Längen der Himmelskörper im Jahr 1448

In den Tabellen 14 bis 21 vergleichen wir die ekliptischen Längen l von Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, die im Astronomischen Kalender für 1448 gegeben sind, mit entsprechenden Werten nach den Alfonsinischen Tafeln und nach modernen Ephemeriden.

Die Werte der Längen nach den AT haben wir mit Hilfe der umgerechneten AT von Wegener (1905a) selbst berechnet.

Die modernen Werte haben wir für Sonne, Mond, Merkur und Venus aus den Angaben im JPL's HORIZONS Web-Interface (JPL (2017)) entnommen. Für Mars, Jupiter und Saturn haben wir die Ephemeriden benutzt, die Xaver Jubier (2017) gibt. Zusätzlich geben wir auch die älteren Werte, die Bauschinger (1902) veröffentlicht hat.

Grundsätzlich listen wir in den Tabellen die Längen aller genannten Himmelskörper für alle acht Zeitpunkte, die uns der AK vorgibt. Für einige Zeitpunkte fehlen allerdings Daten aus dem AK, weil diese einem Textverlust in den überlieferten Fragmenten zum Opfer gefallen sind oder nur noch rudimentär lesbar sind.

Die Umrechnung der verschiedenen Zeitangaben erfolgt nach den Regeln, die wir in Kapitel 17.3.2 beschrieben haben. Dort haben wir auch begründet, warum wir für den AK-Ort die geographische Länge $\lambda = +10^\circ = +40^m$ gewählt bzw. beibehalten haben.

Beim Vergleich der Längen im AK mit anderen Ephemeriden muß man sich bewußt sein, daß die Zeitpunkte im AK auf ganze Stunden gerundet sind. Die Zeit, die den AK-Daten zugrunde liegt, kann also um bis zu ± 30 Minuten von der gerundeten Uhrzeit abweichen, d.h. im Mittel um $\pm 15^m$. Wegen der zeitlichen Änderungen der ekliptischen Längen der Himmelskörper bewirkt das entsprechende Unsicherheiten in l . Zum Beispiel bewegt sich der Mond im Mittel mit $0^\circ.55$ pro Stunde. Das entspricht in den Mondlängen einer Unsicherheit von maximal $\pm 0^\circ.27$ und im Mittel von $\pm 0^\circ.14$ ⁸⁹. Bei den Sonnenlängen sind es nur maximal $\pm 0^\circ.02$ und im Mittel $\pm 0^\circ.01$. Auch für die Planeten ist der Effekt meist vernachlässigbar klein.

⁸⁹Bei einer angenommenen zufälligen Streuung der Zeitpunkt-Differenzen zwischen -30^m und $+30^m$ würde die quadratisch gemittelte Abweichung (die „Streuung“) der Mondlängen $0^\circ.16$ betragen

(1) Vergleich der ekliptischen Längen l der Sonne

Tabelle 14

Vergleich der ekliptischen Längen l der **Sonne** im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und mit modernen Daten
(für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektur auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 (umge- rechnete)	Bau- schinger	Moderne Epheme- riden
	$l [^\circ]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$
6. Jan.	295°	$294^\circ.92$	$294^\circ.5$	$294^\circ.56$
21. Jan.	(310° e)	$309^\circ.90$	$309^\circ.4$	$309^\circ.50$
4. Feb.	325°	$324^\circ.83$	$324^\circ.3$	$324^\circ.40$
19. Feb.	340°	$339^\circ.93$	$339^\circ.4$	$339^\circ.49$
5. März	(Fische, f)	$354^\circ.10$	$353^\circ.7$	$353^\circ.68$
20. März	9°	$9^\circ.32$	$8^\circ.9$	$8^\circ.94$
3. April	($\geq 21^\circ$ a)	$23^\circ.02$	$22^\circ.6$	$22^\circ.69$
19. April	($\geq 36^\circ$ a)	$38^\circ.10$	$37^\circ.7$	$37^\circ.82$

a: Der Rest der (römischen) Zahl ist im Fragment abgeschnitten.

e: Diese Länge der Sonne ist aus der im Fragment angegebenen Länge des Mondes
erschlossen: $l_{\text{Sonne}} = l_{\text{Mond}} + 180^\circ$.

f: Bereich der Fische: 330° bis 360° .

Für die Länge der Sonne ist die Übereinstimmung der Werte aus den Fragmenten mit den aus den AT-1553 berechneten Werten perfekt. Diese Aussage beruht auf den fünf Werten aus den Fragmenten (einschließlich des erschlossenen Wertes für den 21. Januar) und den auf ganze Grad gerundeten Werten aus den AT-1553. Kein einziger dieser fünf AK-Werte weicht von den gerundeten AT-Werten ab (siehe Tabelle 14). Formal erhält man aus den ungerundeten Differenzen:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{Fragment} - \text{AT}) = +0^\circ.02 \pm 0^\circ.09 \quad \text{für } n = 5 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt $0^\circ.17$. Dieser Wert ist erstaunlich gering, denn bereits durch die Rundung der Längen im AK auf ganze Grad würde man statistisch eine Streuung der Differenzen von $0^\circ.29$ erwarten. Wahrscheinlich ist die sehr kleine Zahl von $n = 5$ Differenzen für diese Anomalie verantwortlich.

Aufgrund des obigen Befundes ist es sehr wahrscheinlich, daß die Daten für die ekliptische Länge der Sonne in den Fragmenten des AK direkt oder indirekt aus den Alfonsinischen Tafeln stammen. Allerdings ist eine genaue Ephemeride für die Sonne sehr viel einfacher zu erstellen als für den Mond und die Planeten. Insofern kann man andere (uns unbekannte) Tafeln und daraus abgeleitete Ephemeriden nicht völlig als Quelle der AK-Angaben für die Sonne ausschließen.

Wenn man die AT-Werte mit denen der modernen Ephemeriden vergleicht (Tabelle 14), dann erkennt man einen deutlichen systematischen Effekt in Form einer fast konstant positiven Abweichung. Aus den acht verfügbaren Differenzen, die die vier ersten Monate des Jahres 1448 überdecken, erhält man:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{AT} - \text{Modern}) = +0^\circ.38 \pm 0^\circ.02 \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ beträgt (zufällig auch) $0^\circ.38$. Dagegen beträgt die Streuung der Differenzen um ihren Mittelwert nur $0^\circ.05$.

Aus den vier Werten von Neugebauer (1905b), die das ganze Jahr 1310 überdecken, findet man als Mittelwert für $\Delta l (\text{AT} - \text{Tafeln von Neugebauer})$ ebenfalls einen positiven Wert von $+0^\circ.23$.

Für den 1. Oktober 1310 findet Neugebauer allerdings $0^\circ.0$. Da auch unser Wert in Tabelle 6 für den 20./21. September 1477 leicht negativ ist ($-0^\circ.06$), scheint die Differenz $\text{AT} - \text{Modern}$ in der ersten Hälfte eines Jahres deutlich positiv zu sein, im zweiten Halbjahr aber gegen Null zu tendieren. Im Mittel über jeweils ein ganzes Jahr bleibt aber ein leicht positiver Wert übrig, der sich auch von 1310 bis 1477 nicht wesentlich verändert. Dies bestätigt auch die Untersuchung von Gingerich (1993, Fig. 3 auf S. 233) für die Zeit von 1576 bis 1584. Langfristig stimmen also die Werte der AT für die ekliptische Län-

ge der Sonne mit modernen Ephemeriden bis auf eine geringfügige konstante Verschiebung überein.

Woher die geringfügige, im Mittel positive Verschiebung der ekliptischen Länge der Sonne aus den AT gegenüber modernen Ephemeriden in Tabelle 14 stammt, kann man zumindest teilweise aufgrund der unterschiedlichen Werte für die Ungleichheit x der Sonne in den AT im Vergleich zu den modernen Ephemeriden verstehen. Für die Ungleichheit der Sonne (aequatio solis; in den AT mit „ x “ bezeichnet) nehmen die AT eine Amplitude von $2^\circ.167$ an. Nach modernen Ephemeriden beträgt diese Amplitude aber nur ca. $1^\circ.915$. Eine genauere Rechnung⁹⁰ ergibt, daß für unsere acht Zeitpunkte vom 6. Januar bis 19. April 1448 die Werte von x aus den AT gegenüber den modernen Werten im Mittel um $+0^\circ.23$ zu groß sind. Gegenüber dem weiter oben bestimmten Mittelwert von Δl (AT – Modern) = $+0^\circ.38$ bleibt dann noch ein ungeklärter Rest von $+0^\circ.15$ ($\pm 0^\circ.02$).

Bei dem Rest von $+0^\circ.15$ könnte es sich um einen kleinen Fehler im Anfangswert der Sonnenlänge (für das Jahr 1.0 oder 1250.0) bzw. in der Lage des Frühlingspunktes (als Nullpunkt der Längen-Zählung) handeln. Dieser Fehler ist erstaunlich gering. Der Betrag von $0^\circ.15$ (oder 9 Bogenminuten) entspricht weniger als einem Drittel des scheinbaren Sonnendurchmessers von im Mittel $0^\circ.53$ (oder 31 Bogenminuten)!

Die mittlere Bewegung der Sonne in den AT selbst ist auch sehr genau (siehe Kapitel 5.2.4). Ihr Fehler von ungefähr $-0.9 \cdot 10^{-6}$ °/Tag bewirkt eine systematische Abnahme der Werte der ekliptischen Längen der Sonne in den AT relativ zu modernen Ephemeriden um ca. $0^\circ.03$ pro 100 Jahre.

Die Streuung der Differenzen Δl (AT – Modern) für die ekliptische Länge der Sonne beträgt, unabhängig vom betrachteten Jahr, ungefähr $0^\circ.4$. Damit ist die Ephemeride aus den AT für die Sonne merklich genauer als die entsprechenden Ephemeriden für den Mond und die Planeten (siehe die folgenden Abschnitte).

Die sehr gute Übereinstimmung der AT-Werte mit den bekannten AK-Werten erlaubt es mit ziemlicher Sicherheit, die drei fehlenden AK-Werte für die ekliptische Länge der Sonne zu ergänzen:

- (1) für den 5. März: XXIII ;
- (2) für den 3. April: XXIII ;
- (3) für den 19. April: VIII .

Der Platzbedarf dieser Vorschläge steht mit dem wahrscheinlichen Abstand des ursprünglichen rechten Randes des Textes von der Schnittkante des Fragments in Einklang.

⁹⁰Dabei benutzen wir für die Bestimmung der „modernen“ Werte von x die sogenannte Mittelpunktsgleichung für Kepler-Ellipsen und berücksichtigen den Unterschied in den jeweils verwendeten Perihel- bzw. Aphel-Längen ω im Jahr 1448

(2) *Vergleich der ekliptischen Längen l des Mondes*

Bei den ekliptischen Längen l des Mondes, die im „Astronomischen Kalender“ für 1448 abgedruckt sind, stellen sich folgende Fragen:

(1) Sind die Mondlängen im AK wirklich berechnet oder nur aus den Sonnenlängen des AK abgeleitet? Die im AK angegebenen Zeitpunkte sollen ja für die Syzygien gelten. Bei Neumond gilt per definitionem $l_{Mond} = l_{Sonne}$ und bei Vollmond $l_{Mond} = l_{Sonne} + 180^\circ$ oder $l_{Mond} = l_{Sonne} - 180^\circ$. Alle Mondlängen im AK erfüllen diese Bedingungen strikt. Falls sich bei Berechnungen merkliche Abweichungen von diesen Bedingungen ergeben haben sollten, hätte der Verfasser des AK die Mondlängen sicher entsprechend „korrigiert“, um den Benutzer des AK nicht zu verwirren.

(2) Für welchen genauen Zeitpunkt gelten die Längen des Mondes (und auch der Sonne) im AK? Die Zeitpunkte im AK sind auf ganze Stunden gerundet. Der genaue Zeitpunkt der Syzygien des AK kann sich also um ± 30 Minuten von der gerundeten Uhrzeit des AK unterscheiden. Der Mond bewegt sich in dieser Zeitspanne in ekliptischer Länge l im Mittel um ± 0.27 Grad. Das kann auch bei der Rundung von l auf ganze Grad den Wert von l verändern (um $\pm 1^\circ$). Gilt nun der Wert von l im AK für die gerundete Zeitangabe aus dem AK ($t_{aus\ AK}$) oder für den eigentlichen (genaueren) Wert des Eintritts der Syzygie ($t_{syzygie}$). Welcher Wert für $t_{syzygie}$ dem AK aber jeweils zugrunde liegt, wissen wir nicht und können es auch nicht rekonstruieren.

(3) Wenn die im AK gegebenen Längen strikt nach den Vorschriften der Alfonsinischen Tafeln berechnet sein sollten, dann könnte man vermuten, daß sie sich auf denjenigen Zeitpunkt $t_{nach\ AT}$ für die jeweilige Syzygie beziehen, den man streng aus den AT ableiten kann (siehe Kapitel 17.3.3). Nach Tabelle 8 können sich die Zeitpunkte $t_{aus\ AK}$ und $t_{nach\ AT}$ um bis zu zwei Stunden unterscheiden. Die zugehörigen Mondlängen können dann um mehr als ein Grad differieren. Für alle anderen Körper (Sonne und Planeten), die sich viel langsamer in l bewegen als der Mond, würden sich aber durch diese Zeitänderungen keine signifikanten Änderungen in ihren Längen nach den AT oder aus modernen Ephemeriden ergeben.

Tabelle 15
Vergleich der ekliptischen Längen l des **Mondes** im Jahr 1448:
Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und mit modernen Daten
(für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektur auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448 ($t_{aus\ AK}$)	Fragment (AK) $l\ [^\circ]$	AT-1553 (umge- rechnete) $l\ [^\circ.]$	Moderne Epheme- riden $l\ [^\circ.]$
6. Jan.	295°	294°.87	294°.76
21. Jan.	130°	129°.16	129°.00
4. Feb.	325°	325°.31	325°.01
19. Feb.	160°	159°.44	159°.10
5. März	(Fische, f)	353°.02	352°.47
20. März	189°	189°.21	188°.72
3. April	($\geq 21^\circ$ a)	23°.04	22°.50
19. April	($\geq 216^\circ$ a)	218°.84	218°.35

a: Der Rest der (römischen) Zahl ist im Fragment abgeschnitten.

f: Bereich der Fische: 330° bis 360° .

Wir benutzen zunächst als Zeitpunkt für den Vergleich genau die im AK angegebene Zeit, die wir mit $t_{aus\ AK}$ bezeichnen. Bereits für die Länge des Mondes zum Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$ ist die Übereinstimmung der Werte aus den Fragmenten mit den aus den AT-1553 berechneten Werten sehr gut (siehe Tabelle 15). Drei der fünf Werte aus den AK-Fragmenten stimmen mit den auf ganze Grad gerundeten Werten aus den AT-1553 genau überein. Nur die Werte für den 21. Januar (AK: 130° , AT: $129^\circ.16$) und für den 19. Februar (AK: 160° , AT: $159^\circ.44$) weichen geringfügig ab. Aus den ungerundeten Differenzen erhält man als Mittelwert:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{Fragment} - \text{AT}) = +0^\circ.20 \pm 0^\circ.23 \quad \text{für } n = 5 .$$

Eine systematische Abweichung der Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ ist daher auch für den Mond nicht signifikant nachweisbar. Die Streuung der fünf Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt $0^\circ.49$.

Wie kann man die kleine Differenz in der Länge des Mondes für den 19. Februar erklären, ohne die perfekte Übereinstimmung von drei der fünf Mondlängen und der fünf Sonnenlängen zu zerstören? Der Grund kann hier in der Rundung der Zeitangaben in dem AK auf ganze Stunden liegen. Da sich der Mond im Winkelmaß am schnellsten von allen betrachteten sieben Himmelskörpern bewegt, sind seine Längen am empfindlichsten gegen kleinere Änderungen der angenommenen Zeit. Für den 19. Februar ist diese Erklärung möglich: Wenn die Länge des Mondes aus den AT statt für $22^h\ 00^m$ AK-Zeit z.B. für $22^h\ 10^m$ AK-Zeit am 19. Februar berechnet wird, dann erhält man $l = 159^\circ.53$, d.h. gerundet 160° . Sie ist dann in vollständiger Übereinstimmung mit dem AK-Wert⁹¹. Die Sonnenlänge aus den AT für den 19. Februar würde sich nur um $0^\circ.007$ erhöhen und bliebe nach der Rundung weiterhin in perfekter Übereinstimmung mit dem AK-Wert. Für den stärker abweichenden Wert am 21. Januar ist die Erklärung durch Rundung aber kaum möglich. Hier müßte der Berechnungs-Zeitpunkt von $3^h\ 00^m$ AK-Zeit auf $3^h\ 37^m$ AK-Zeit erhöht werden, also um etwas mehr als eine halbe Stunde. Als zusätzliche Erklärung müßte man annehmen, daß der Berechner des AK eine andere geographische Länge λ für den AK-Ort gewählt hat als wir. Bereits eine Änderung in λ von nur -2° oder -8^m würde alle Mondlängen in perfekte Übereinstimmung bringen.

Bei Berücksichtigung der Rundung der Zeit im AK auf volle Stunden und der Längen auf ganze Grad könnten also vier der fünf Mondlängen (und alle Sonnenlängen) aus den AT perfekt mit den AK-Werten übereinstimmen.

⁹¹Auch für den aus den AT folgenden Zeitpunkt des Vollmondes am 19. Februar, $23^h\ 04^m$ statt 22^h nach dem AK (siehe Kapitel 7.3.3, Tabelle 16), beträgt die Mondlänge 160° (gerundet aus $159^\circ.97$), wie im AK angegeben. Die entsprechende Sonnenlänge liegt weiterhin gerundet bei 340° (aus $339^\circ.97$), ebenfalls wie im AK angegeben.

Zusammenfassend kann man aufgrund der Übereinstimmungen feststellen, daß die in den Fragmenten des AK gegebenen Daten für die ekliptische Länge sowohl der Sonne als auch des Mondes mit höchster Wahrscheinlichkeit direkt oder indirekt auf den Alfonsinischen Tafeln basieren.

Die sehr gute Übereinstimmung der AT-Werte mit den bekannten AK-Werten erlaubt es mit ziemlicher Sicherheit, die drei fehlenden AK-Werte für die ekliptische Länge des Mondes zu ergänzen:

- (1) für den 5. März für Sonne und Mond: xxiii ;
- (2) für den 3. April für Sonne und Mond: xxiii ;
- (3) für den 19. April: viii .

Der Platzbedarf dieser Vorschläge steht mit dem wahrscheinlichen Abstand des ursprünglichen rechten Randes des Textes von der Schnittkante des Fragments im Einklang. Siehe auch voriges Unterkapitel (1).

Wir wollen hier noch anmerken, daß die von Stegemann (1948, S. 50, Fußnote 1) angegebene Länge des Mondes am 6. Januar von $296^{\circ}.927$ offensichtlich einen Druckfehler enthält. Der Grad-Wert muß statt 296 richtig 294 lauten. Im Text rechnet Stegemann dann auch korrekt mit dem aufgerundeten Wert von 295° .

Während wir oben den Vergleich der Längen des Mondes zum Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$, den der AK gibt, ausgeführt haben, wollen wir nun den Vergleich zu demjenigen Zeitpunkt durchführen, den wir aus den AT als genauen Zeitpunkt der Syzygie berechnet haben (siehe Kapitel 17.3.3). Wir bezeichnen diesen Zeitpunkt der Syzygie mit $t_{nach\ AT}$. Die Zeitunterschiede zwischen $t_{aus\ AK}$ und $t_{nach\ AT}$ findet man in Tabelle 8 (vorletzte Spalte).

Die Resultate des Vergleichs der Mondlängen zum Zeitpunkt $t_{nach\ AT}$ zeigen wir in Tabelle 16.

Für die fünf Zeitpunkte im AK, für die Mondlängen überliefert sind, ergibt sich für die Differenzen $\Delta l = l(\text{AK}) - l(\text{AT bei } t_{nach\ AT})$:

$$\begin{aligned} \text{Mittelwert von } \Delta l &= l(\text{AK}) - l(\text{AT bei } t_{nach\ AT}) \\ &= +0^{\circ}.00 \pm 0^{\circ}.09 \qquad \text{für } n = 5 . \end{aligned}$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l = l(\text{AK}) - l(\text{AT bei } t_{nach\ AT})$ beträgt $0^{\circ}.18$. Dieser Wert ist nahezu identisch mit der Streuung der Sonnenlängen des AK gegenüber den AT beim Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$ von $0^{\circ}.17$ und deutlich kleiner als die Streuung der Mondlängen des AK gegen die AT zum Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$ von $0^{\circ}.49$.

Tabelle 16

Vergleich der ekliptischen Längen l des **Mondes** im Jahr 1448 zu dem Zeitpunkt des Voll- bzw. Neu-Mondes (Syzygie), der aus den AT folgt. Längen in den Fragmenten des AK verglichen mit Längen nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und nach modernen Daten
(für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektur auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 für Zeitpunkt im AK	Für Zeitpunkt der Syzygie nach den AT	Moderne Epheme- riden	Moderne Epheme- riden
Zeitpunkt:	$t_{aus\ AK}$	$t_{aus\ AK}$	$t_{nach\ AT}$	$t_{aus\ AK}$	$t_{nach\ AT}$
	$l\ [^\circ]$	$l\ [^\circ.]$	$l\ [^\circ.]$	$l\ [^\circ.]$	$l\ [^\circ.]$
6. Jan.	295°	$294^\circ.87$	$294^\circ.92$	$294^\circ.76$	$294^\circ.83$
21. Jan.	130°	$129^\circ.16$	$129^\circ.97$	$129^\circ.00$	$129^\circ.81$
4. Feb.	325°	$325^\circ.31$	$324^\circ.79$	$325^\circ.01$	$324^\circ.47$
19. Feb.	160°	$159^\circ.44$	$159^\circ.97$	$159^\circ.10$	$159^\circ.63$
5. März	(Fische, f)	$353^\circ.02$	$354^\circ.17$	$352^\circ.47$	$353^\circ.66$
20. März	189°	$189^\circ.21$	$189^\circ.33$	$188^\circ.72$	$188^\circ.84$
3. April	($\geq 21^\circ$ a)	$23^\circ.04$	$23^\circ.02$	$22^\circ.50$	$22^\circ.48$
19. April	($\geq 216^\circ$ a)	$218^\circ.84$	$218^\circ.04$	$218^\circ.35$	$217^\circ.54$

a: Der Rest der (römischen) Zahl ist im Fragment abgeschnitten.

f: Bereich der Fische: 330° bis 360° .

Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$: Zeit wie im AK angegeben.

Zeitpunkt $t_{nach\ AT}$: Zeit für Voll- bzw. Neu-Mond aus AT berechnet.

Tabelle 16 zeigt auch, daß die fünf Mondlängen des AK mit den Mondlängen der AT beim Syzygien-Zeitpunkt $t_{nach\ AT}$ im Rahmen der Rundung auf ein Grad alle perfekt übereinstimmen, während es bei $t_{aus\ AK}$ nur drei sind.

Man könnte geneigt sein, aus der vollständigen Übereinstimmung und der sehr geringen Streuung der AK-Längen gegenüber den AT-Werten bei $t_{nach\ AT}$ den Schluß zu ziehen, daß sich die Längen des Mondes im AK für den genauen Zeitpunkt der Syzygien $t_{nach\ AT}$ gelten. Das halten wir aber für unwahrscheinlich, weil die Zeitpunkte $t_{nach\ AT}$ in fünf der acht Fälle außerhalb des Rundungszeitraums der AK-Zeitwerte von $t_{aus\ AK} \pm 30$ Minuten liegen.

Wir halten folgendes Szenarium für plausibel: Der Berechner der im AK gegebenen Syzygien hat seine Werte im Prinzip mit Hilfe der AT ermittelt. Beim Zeitpunkt der Syzygien hat er aber nicht die maximale Genauigkeit erreicht oder erreichen wollen (siehe Kapitel 17.3.3). Daher weichen die Zeitpunkte $t_{nach\ AT}$ und $t_{aus\ AK}$ um bis zu zwei Stunden voneinander ab. Die Länge der Sonne hat der Berechner dabei aber trotzdem sehr genau erhalten, mit einem Fehler von höchstens $0^\circ.1$. Denn wegen der relativ langsamen Bewegung der Sonne in l von im Mittel $0^\circ.04$ pro Stunde bewirkt ein zeitlicher Fehler von zwei Stunden plus maximal 30 Minuten wegen Rundung nur einen Fehler von $0^\circ.10$ in l . Daher stimmen alle Sonnenlängen im AK und in den AT nach Rundung auf ein Grad sowohl zum (auf ganze Stunden gerundeten) Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$ als auch zum genauen Zeitpunkt $t_{nach\ AT}$ perfekt überein. Der Mond bewegt sich in l zwar im Mittel mit $0^\circ.55$ pro Stunde viel schneller als die Sonne. Das spielt hier aber keine Rolle, denn zum (uns nicht genau bekannten) AK-Zeitpunkt der Syzygie stimmten l_{Sonne} und l_{Mond} (bzw. $l_{Mond} \pm 180^\circ$) sehr genau überein. Falls die Syzygien-Bedingung bei der Rundung der Länge des Mondes auf ganze Grad aber doch zunächst leicht verletzt war, hat man sicher die gerundete Mondlänge für den AK „manuell korrigiert“, um sie mit der gerundeten Sonnenlänge in vollständigen Einklang zu bringen. Dazu war sicher maximal nur eine „Korrektur“ um ein Grad nötig. Diese kleinen „Korrekturen“ könnten erklären, warum zwei der fünf Mondlängen im AK mit denen aus den AT (bei $t_{aus\ AK}$) nicht perfekt übereinstimmen. Aber auch diese beiden AK-Werte weichen von den AT-Werten nur um $+0^\circ.54$ bzw. $+0^\circ.84$ ab, sodaß eventuelle „Korrekturen“ in jedem Falle sehr klein waren. Wenn man dann noch die Rundung der $t_{aus\ AK}$ auf ganze Stunden berücksichtigt, so brauchte der Wert für den 19. Februar eventuell überhaupt nicht korrigiert zu werden und der Wert für den 21. Januar vielleicht nur um $+0^\circ.09$ verändert zu werden (siehe unsere obigen Ausführungen hierzu), um alle Mondlängen des AK mit denen aus den AT bei $t_{aus\ AK}$ in perfekte Übereinstimmung zu bringen.

Wegen der möglichen „Angleichung“ der Mondlängen im AK an die Sonnenlängen zur perfekten Erfüllung der Syzygien-Bedingung sollten die im AK gegebenen Mondlängen nur unter Vorbehalt als unabhängige Testwerte betrachtet werden. (siehe hierzu unser Kapitel 17.3.4 (8.2)).

Wir wenden uns jetzt dem Vergleich der ekliptischen Längen des Mondes aus den AT mit modernen Ephemeriden zu (siehe Tabelle 16)⁹². Für acht Zeitpunkte im AK vom 6. Januar bis zum 19. April 1448 ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{AT} - \text{Modern}) = +0^\circ.37 \pm 0^\circ.06 \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ beträgt $0^\circ.41$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die acht Differenzen dagegen nur um $0^\circ.16$.

Besonders auffallend ist, daß die Mittelwerte der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ für die Sonne und für den Mond nahezu identisch sind: $+0^\circ.38 (\pm 0^\circ.02)$ bzw. $+0^\circ.37 (\pm 0^\circ.06)$. Die Mondbewegung folgt in den AT daher offensichtlich längerfristig im Mittel der Bewegung der Sonne, obwohl das aus den Rechenvorschriften der AT für uns so nicht unmittelbar ablesbar ist⁹³.

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ der Mondlängen ist für die acht Zeitpunkte im AK nur unwesentlich größer als die der Sonnenlängen: $0^\circ.41$ beim Mond im Vergleich zu $0^\circ.38$ bei der Sonne. Dieser Befund steht im Widerspruch zu einer Mitteilung von Poulle und Gingerich (1967, S. 547), die für einen ungenannten Zeitraum im Jahre 1563 für den Mond AT-Fehler zwischen -2.3° und $+2^\circ$ angeben. Wir konnten diesen Widerspruch nicht aufklären. Unsere Zeitpunkte im AK haben allerdings die Besonderheit, daß es sich ausschließlich um Syzygien (Neu- bzw. Voll-Mond) handelt. Auch unser Wert von $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern}) = +0^\circ.75$ für den 20. September 1477 (siehe Tabelle 6) bezieht sich auf einen Zeitpunkt, der nur zwei Tage vor Vollmond liegt. Man könnte vermuten, daß die aus den AT berechneten ekliptischen Längen des Mondes in der Nähe der Quadraturen (erstes und letztes Viertel des Mondes) ungenauer als bei Konjunktion und Opposition (Neu- bzw. Voll-Mond) sind. Testrechnungen für den 12. Januar 1448 (erstes Viertel) und den 28. Januar 1448 (letztes Viertel) ergeben aber Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ von nur $+0^\circ.33$ und $+0^\circ.28$. Auch die Vergleichsrechnungen von Neugebauer (1905b) ergeben für die Fehler der Mondlängen keine merkliche Abhängigkeit von der Phase des Mondes.

⁹²Der Vergleich ist unabhängig davon, ob wir als Zeitpunkte die Angaben im AK ($t_{aus\ AK}$) oder die Zeitpunkte der Syzygien ($t_{nach\ AT}$) benutzen. Wie Tabelle 16 zeigt, unterscheiden sich die Längen-Differenzen im Rahmen unserer Genauigkeit nur äußerst geringfügig (maximal um $0^\circ.04$). Dies liegt daran, daß sich die Geschwindigkeiten dl/dt des Mondes in den AT und in modernen Ephemeriden so ähnlich sind, daß sich über die in Frage kommenden Zeitdifferenzen (zwischen $t_{aus\ AK}$ und $t_{nach\ AT}$) von maximal 2 Stunden keine merklichen Änderungen in den jeweiligen Ortsdifferenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ ergeben.

⁹³Dieser Befund ist nicht etwa damit erklärbar, daß es sich bei unseren Zeitpunkten um Syzygien handelt. Die Längen von Sonne und Mond sind aus den AT unabhängig voneinander für den Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$ berechnet worden, so wie es auch für jeden anderen (beliebigen) Zeitpunkt hätte erfolgen können. Die Längen-Bedingung für Syzygien ist dabei nicht benutzt worden.

(3) Vergleich der ekliptischen Längen l des Merkur

Tabelle 17

Vergleich der ekliptischen Längen l des **Merkur** im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit

Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und mit modernen Daten

(für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektur auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 (umge- rechnete)	Bau- schinger	Moderne Epheme- riden
	$l [^\circ]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$
6. Jan.	303°	$304^\circ.2$	$303^\circ.0$	$303^\circ.1$
21. Jan.	326°	$327^\circ.9$	$327^\circ.2$	$327^\circ.1$
4. Feb.	340° R	$340^\circ.9$ nR	$332^\circ.5$	$332^\circ.5$ R
19. Feb.	331° R	$331^\circ.3$ R	$320^\circ.1$	$320^\circ.1$ R
5. März	327°	$327^\circ.5$	$326^\circ.0$	$326^\circ.0$
20. März	(Fische, f)	$345^\circ.5$	$344^\circ.6$	$344^\circ.7$
3. April	8°	$9^\circ.6$	$7^\circ.9$	$7^\circ.9$
19. April	38°	$38^\circ.9$	$39^\circ.4$	$39^\circ.6$

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd), d.h. seine ekliptische Länge l nimmt zu diesem Zeitpunkt als Funktion der Zeit ab. In der 2. Spalte der Tabelle steht ein R nur dann, wenn die retrograde Bewegung im Fragment ausdrücklich erwähnt wird („geet hindersich“). Bauschinger gibt keinen Hinweis auf retrograde Bewegungen.

nR = nicht R: Die Bewegung ist nicht retrograd, sondern direkt. Nur angegeben, wenn das Fragment eine retrograde Bewegung (R) anführt.

f: Bereich der Fische: 330° bis 360° .

Ein Vergleich der Werte des AK mit denen aus den AT (Spalte 2 gegen Spalte 3 in Tabelle 17) zeigt, daß die ekliptischen Längen l des Merkur im AK mit den direkt aus den AK berechneten recht gut harmonisieren. Zwei der sieben Werte des AK stimmen sogar im Rahmen der Rundung perfekt mit den AT-Werten überein.

Aus den sieben Differenzen der in den AK-Fragmenten überlieferten Werte für die ekliptische Länge des Merkur ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{Fragment} - \text{AT}) = -1^\circ.0 \pm 0^\circ.2 \quad \text{für } n = 7 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt $1^\circ.2$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die sieben Differenzen aber deutlich weniger, nämlich nur um $0^\circ.5$.

Wenn man den systematischen Fehler der AK-Werte von $-1^\circ.0$ versuchsweise eliminiert, indem man die AK-Werte um 1° erhöht, dann stimmen jetzt vier (statt vorher zwei) der sieben Längenwerte im Rahmen der Rundung auf ganze Grad perfekt überein⁹⁴, und die Differenzen der restlichen drei Werte liegen dann unter einem Grad! Woher der konstante Versatz der AK-Längen gegenüber denen in den AT stammt, bleibt aber zunächst offen (siehe dazu Unterkapitel (8)).

Es spricht also vieles dafür, daß die ekliptischen Längen des Merkur im AK mit Hilfe der AT berechnet wurden.

Wenn man die Werte der Alfonsinischen Tafeln mit denen aus modernen Ephemeriden vergleicht (Spalte 3 gegen Spalte 5 in Tabelle 17), so zeigt sich, daß die ekliptischen Längen l des Merkur oft stark voneinander abweichen. Die Differenzen $\Delta \lambda (\text{AT} - \text{Modern})$ variieren zwischen $-1^\circ.7$ am 19. April und $+17^\circ.6$ am 19. Februar.

Aus den Differenzen für die ekliptische Länge des Merkur ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{AT} - \text{Modern}) = +3^\circ.1 \pm 1^\circ.8 \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ beträgt $5^\circ.1$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die acht Differenzen um $4^\circ.7$.

Die Werte im AK überdecken vom 6. Januar bis zum 19. April eine Zeitspanne von 104 Tagen. Das ist zwar vergleichbar mit der synodischen Umlaufzeit des Merkur von 116 Tagen. Wegen der Auswirkung der hohen Exzentrizität der Bahn des Merkur auf die Ephemeride und der relativ geringen zeitlichen

⁹⁴Dabei zählen wir den AT-Wert von $327^\circ.5$ vom 5. März als perfekt übereinstimmend sowohl mit 327° (unkorrigierter AK-Wert) als auch mit 328° (korrigierter AK-Wert)

Überdeckung der Bahn im AK sind der obige Mittelwert und die Werte der Streuungen aber nicht unbedingt repräsentativ für längere Zeiträume. Für den 20. September 1477 finden wir einen Fehler von $-2^{\circ}.0$ (siehe Tabelle 6).

Die starken Unterschiede zwischen den Werten aus den AT und modernen Ephemeriden für manche Zeitpunkte sind nicht unerwartet. Gingerich (1993, Fig. 1 auf S. 383) hat bereits Fehler in den AT für l bei Merkur von ca. $+14^{\circ}$ gefunden.

Sowohl in unserer Tabelle 17 als auch bei Gingerich treten die Spitzenfehler stets in der Nähe der unteren Konjunktion des Merkur auf. In der unteren Konjunktion steht Merkur zwischen Erde und Sonne und bewegt sich retrograd. Auch in der Planeten-Theorie von Ptolemäus, die ja den AT im Prinzip zugrunde liegt, treten für Merkur die größten Abweichungen in der Nähe seiner unteren Konjunktion auf (Nevalainen (1996)).

In den ersten vier Monaten des Jahres 1448, die der AK überdeckt, tritt die untere Konjunktion nach den modernen Ephemeriden am 9. Februar um 0^h UT ein, dagegen nach den AT erst am 19. Februar um 11^h UT, also mehr als 10 Tage später. Aus den Angaben des AK kann man den Zeitpunkt der unteren Konjunktion nur sehr grob abschätzen auf ungefähr den 13. Februar (17^h UT).

Dagegen stimmen die Zeitpunkte für die obere Konjunktion, die in die Zeitspanne der Fragmente des AK fällt, viel besser überein. Moderne Ephemeriden liefern für den Zeitpunkt dieser oberen Konjunktion den 17. April um 17^h UT, die AT den 19. April um 11^h UT (also nur knapp zwei Tage später), und der AK ebenfalls den 19. April. Bei der oberen Konjunktion befindet sich die Sonne zwischen Merkur und Erde, und Merkur bewegt sich prograd (direkt).

Die maximale östliche Elongation des Merkur (d.h. hier sein größter Winkel-Abstand in l von der Sonne) beträgt im Januar 1448 nach modernen Ephemeriden $+18^{\circ}$, nach den AT aber ca. $+24^{\circ}$. Die maximale westliche Elongation wird dann im März 1448 erreicht: nach modernen Ephemeriden mit -28° , nach den AT mit ca. -26° .

Die Alfonsinischen Tafeln haben also offensichtlich ein Problem bei der korrekten Beschreibung der Bewegung des Merkur in ekliptischer Länge. Große Abweichungen treten nahe der unteren Konjunktion auf, deren Zeitpunkt recht schlecht vorhergesagt wird. Auch die Beträge der maximalen Elongationen ergeben sich aus den AT für Merkur nicht sehr genau.

Der Grund liegt sicher in der relativ hohen Exzentrizität der wahren Bahn des Merkur ($e = 0.2056$). Diese Bahn wird durch die in den AT benutzte Ptolemäische Epizykel-Theorie für Merkur nur schlecht approximiert. Die genaue Ursache dafür ist nur schwer zu identifizieren (siehe z.B. Nevalainen (1996)).

Uns ist es jedenfalls nicht gelungen, durch einfache Abänderung von bestimmten Parametern (quasi der „Bahnelemente“) die Resultate der AT für Merkur merklich zu verbessern. Da die mittlere Bewegung des Merkur mit derjenigen der Sonne identisch ist, die ihrerseits in den AT sehr gut wiedergegeben wird (siehe Kapitel 17.3.4, Unterkapitel (1)), kann nur das Epizykel des Merkur in den AT die Ursache der größeren Abweichungen sein. Dabei stimmt die mittlere Bewegung $d\alpha/dt$ des Merkur auf seinem Epizykel⁹⁵ (in dezimaler Form: 3.106702367 °/Tag) mit dem modernen Wert (3.1067382 °/Tag, berechnet aus der synodischen Umlaufzeit von 115.87717 Tagen) sehr gut überein. Die Abweichung in $d\alpha/dt$ verursacht in α einen Fehler von -1.3° pro Jahrhundert. Die Annahme eines bestimmten konstanten Fehlers in α kann die Längendifferenzen $\Delta l(\text{AT} - \text{Modern})$ zwar für einige wenige Zeitpunkte (z.B. bei der unteren Konjunktion) erheblich verbessern. Dafür verschlechtern sich aber dann die Differenzen für die meisten anderen Zeiten in unakzeptabler Weise. Man muß die auftretenden Fehler für Merkur wohl einfach als Modellfehler der AT hinnehmen.

⁹⁵Der Winkel $\alpha(t)$ beschreibt hier die Stellung des Merkur auf seinem kreisförmigen Epizykel. α wird in den AT „argumentum“ genannt.

(4) Vergleich der ekliptischen Längen l der Venus

Tabelle 18

Vergleich der ekliptischen Längen l der **Venus** im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und mit modernen Daten
(für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektur auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 (umge- rechnete)	Bau- schinger	Moderne Epheme- riden
	$l [^\circ]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$
6. Jan.	317° R	318°.5 R	319°.0	319°.3 R
21. Jan.	311° R	312°.4 R	310°.9	313°.0 R
4. Feb.	304° R	305°.2 R	304°.9	305°.2 R
19. Feb.	304° k	305°.5	304°.7	304°.8
5. März	(Wasser- mann, t)	312°.4	311°.5	311°.5
20. März	323°	324°.3	323°.3	323°.4
3. April	336°	337°.5	336°.5	336°.5
19. April	353°	353°.5	352°.3	352°.4

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd).

Siehe hierzu auch Erläuterung unter Tabelle 17.

k: um -30° korrigierter Wert nach Bauschinger. Originalwert im Fragment (AK): 334° .

Fehler im Fragment (AK) vermutlich durch falsches Tierkreiszeichen verursacht:
„fische“ (Pisces) statt richtig „wassergiesser“ (Aquarius).

t: Bereich des Wassermanns: 300° bis 330° .

Für die Venus stimmen die Daten für die ekliptische Länge l aus dem AK viel besser mit denen aus den AT berechneten überein als für Merkur. Die Differenz der Längen beträgt für die Venus im Mittel nur etwas über 1° . (Bei Merkur sind es über 5° .) Perfekt stimmt (im Rahmen der Rundung) allerdings nur der Wert für den 19. April überein (AK: 353° ; AT ungerundet: $353^\circ.47$).

Aus den sieben Differenzen der in den AK-Fragmenten überlieferten Werte für die ekliptische Länge der Venus ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{Fragment} - \text{AT}) = -1^\circ.3 \pm 0^\circ.1 \quad \text{für } n = 7 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt $1^\circ.3$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die sieben Differenzen aber nur um $0^\circ.3$.

Wenn man den systematischen Fehler der AK-Werte von $-1^\circ.3$ versuchsweise an den AT-Werten (weil diese ungerundet sind) anbringt, dann stimmen die ersten sechs der sieben Längenwerte im Rahmen der Rundung auf ganze Grad perfekt überein und nur der letzte weicht um $-0^\circ.8$ ab! Woher der konstante Versatz der AK-Längen um $-1^\circ.3$ stammt, bleibt aber zunächst offen (siehe dazu Unterkapitel (8)). Dabei ist auch zu bedenken, daß die zeitliche Überdeckung im AK (104 Tage) viel kürzer ist als die synodische Umlaufszeit der Venus (584 Tage). Daher sind unser obiger Mittelwert und die Streuungen eventuell nicht repräsentativ.

Der Vergleich der Werte der Alfonsinischen Tafeln mit denen aus modernen Ephemeriden (Spalte 3 gegen Spalte 5 in Tabelle 18), zeigt ebenfalls nur sehr geringe Abweichungen gegeneinander. Die Differenzen $\Delta \lambda (\text{AT} - \text{Modern})$ variieren nur zwischen $-0^\circ.8$ und $+1^\circ.1$. Aus den Differenzen für die ekliptische Länge der Venus ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{AT} - \text{Modern}) = +0^\circ.4 \pm 0^\circ.3 \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ beträgt $0^\circ.8$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die acht Differenzen um $0^\circ.7$. Dieser Mittelwert und die Werte der Streuungen sind aber auch hier aus dem bereits früher genannten Grunde nicht repräsentativ für längere Zeiträume. Bei Gingerich (1993, Fig. 3 auf S. 233) treten größere Fehler in l für die Venus auf (bis zu $-3^\circ.4$). Auch Neugebauer (1905b) findet für den 1. Juli 1310 ein Δl von $+1^\circ.9$. Unsere kleineren Werte können natürlich an dem von uns untersuchten Zeitintervall liegen. Für den 20. September 1477 finden wir aber auch einen sehr kleinen Fehler von $-0^\circ.1$ (siehe Tabelle 6).

In dem vom AK vorgegebenen Zeitintervall liegt eine untere Konjunktion und eine größte westliche Elongation. Die untere Konjunktion fand nach modernen Ephemeriden am 23. Januar 1448 um 6^h UT bei $l = 311^\circ.6$ und einem Abstand Venus–Erde von 0.2712 AE statt, nach den AT am 22. Januar (ca. 18^h). Aus den Angaben im AK kann man den 21. Januar abends (UT) ab-

schätzen. Sowohl die AT als auch der AK sagen also den Zeitpunkt dieser unteren Konjunktion der Venus recht genau voraus. Die Fehler in l in den AT und im AK bei diesem unteren Vorbeigang der Venus an der Sonne sind von „normalem“ Betrage und keinesfalls „Spitzenwerte“.

Die maximale westliche Elongation der Venus mit über 46° tritt um den 1. April 1448 ein. Die Fehler der AT sind dort nicht größer als sonst.

Der 20. September 1477 liegt ca. 35 Tage nach einer unteren Konjunktion. Hier ist also kein besonders großer Fehler zu erwarten und bei uns auch nicht aufgetreten.

Am 1. Juli 1310 befindet sich die Venus in l ungefähr 31° östlich von der Sonne, also weit entfernt von einer Konjunktion. Warum Neugebauer dort einen besonders großen Fehler findet, ist unklar.

Der größte Fehler in den AT nach Gingerich tritt nahe der unteren Konjunktion am 28. September 1580 auf. Der Abstand der Venus zur Erde war damals mit 0.2752 AE aber vergleichbar mit dem vom 23. Januar 1448. Daran kann der größere Fehler bei Gingerich also nicht liegen.

Die Alfonsinischen Tafeln sind offenbar in der Lage, für die Venus eine relativ gute Ephemeride zu liefern. Dies liegt sicher vor allem daran, daß die wahre Bahn der Venus mit einer Exzentrizität von nur $e = 0.0067$ fast kreisförmig ist (Erdbahn: $e = 0.0167$). Würden sich alle Planeten exakt auf Kreisbahnen um die Sonne bewegen, dann wären Ephemeriden auf der Grundlage des geozentrischen Systems (wie die aus den AT) ebenso genau wie solche in einem heliozentrischen System, wenn die jeweils eingehenden „Bahnelemente“ mit vergleichbarer Genauigkeit ermittelt würden. Das Hauptproblem der Ptolemäischen Planetentheorie, die ja auch in den AT verwendet wird, besteht darin, daß dort versucht wird, mit Kreisbahnen als „idealer Bewegungsform“ auszukommen. Die (echte) Exzentrizität der Bahnellipsen der Planeten wird dann durch verschiedene Kunstgriffe wie „exzentrischer Kreis“, „Zweiteilung der Exzentrizität“ (centrum aequans, Equant) und zusätzliche kreisförmige Epizykel approximiert. Das kann aber naturgemäß nur näherungsweise gelingen. Zu ähnlichen Kunstgriffen mußte übrigens auch Kopernikus greifen, weil er noch an der Doktrin der Bevorzugung von Kreisbewegungen festhielt. Daher sind Ephemeriden nach den „Preußischen Tafeln“ (Prutenicae tabulae coelestium motuum) von Erasmus Reinhold (1551), die auf der heliozentrischen Theorie von Kopernikus (1543) beruhen, nicht viel genauer als die AT-basierten Ephemeriden (siehe Gingerich (1985)). Erst Keplers Erkenntnis, daß die Planetenbahnen Ellipsen sind (Erstes Keplersches Gesetz) und daß für diese der Flächensatz gilt (Zweites Keplersches Gesetz), brachte hier den begrifflichen Durchbruch. Seine „Rudolphinischen Tafeln“ (Tabulae Rudolphinae, Kepler (1627)) sind wesentlich genauer als die AT, allerdings auch wegen der stark verbesserten Bahnelemente aufgrund der Auswertung der viel genaueren Beobachtungen von Tycho Brahe.

(5) Vergleich der ekliptischen Längen l des Mars

Tabelle 19

Vergleich der ekliptischen Längen l des **Mars** im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit

Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und mit modernen Daten

(für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektur auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448	Fragment (AK)	AT-1553 (umge- rechnete)	Bau- schinger	Moderne Epheme- riden
	$l [^\circ]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$	$l [^\circ.]$
6. Jan.	211°	212°.1	213°.2	213°.2
21. Jan.	((235° ?))	219°.7	220°.7	220°.7
4. Feb.	225°	226°.7	227°.6	227°.7
19. Feb.	232°	233°.2	234°.0	233°.9
5. März	237°	238°.3	238°.8	238°.8
20. März	241°	242°.3	242°.3	242°.4
3. April	243°	244°.3	243°.5	243°.7
19. April	242° R	243°.6 R	242°.2	242°.3 R

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd).

Siehe hierzu auch Erläuterung unter Tabelle 17.

Das Wiesbadener Fragment des AK gibt für die Länge des Mars am 21. Januar XXV Grad im Skorpion an, was $l = 235^\circ$ entspricht. Im Krakauer Fragment fehlt dieser Teil völlig. Zedler (1902, S. 6, Fußnote **) schreibt: „XXV ist unmöglich, die Rechnung gibt VIII“. Er nennt Bauschinger als Quelle für diese Angabe. Das stimmt aber nicht mit dem Zahlenwert in der Tabelle auf S. 5 überein. Dort wird als von Bauschinger berechneter Wert $220^\circ.7$ angegeben, was 10.7 oder gerundet 11 (XI) Grad im Skorpion entspricht. Wenn man zwischen den Werten im Fragment für den 6. Januar und 4. Februar linear interpoliert, dann erhält man für den 21. Januar den Wert von 218° oder VIII Grad im Skorpion. Vermutlich hat Bauschinger seinen Verbesserungsvorschlag auf diese Weise erhalten. Die AT ergeben $219^\circ.7$ oder X Grad im Skorpion. Auch die AT-Zahlen und die modernen Ephemeriden unterstützen die Interpretation daß es sich bei der Angabe XXV im Fragment um einen Fehler handelt. Es ist aber sicher kein einfacher Druckfehler. Zu erwarten wäre an dieser Stelle des Fragments mit hoher Wahrscheinlichkeit die Zahl VIII.

Stegemann (1948, S. 53, Fußnote 8) berechnet für die Länge l des Mars am 21. Januar aus den AT einen Wert von $228^\circ.65$. Dabei ist ihm offensichtlich ein Rechenfehler unterlaufen. Wir erhalten $219^\circ.66$. Eventuell hat Stegemann bei der Berechnung von $l = \mu + x + y$ den Term der *aequatio centri*, $x = -8.95$, vergessen. Unklar ist, wie Stegemann aus seinem Wert auf die Länge von 18 (XVIII) (statt 19 (XIX)) Grad im Skorpion kommt. Immerhin zeigt der auf das Tierkreiszeichen umgerechnete Wert, daß es sich bei seiner Angabe von $228^\circ.65$ nicht um einen Druckfehler, sondern um einen Rechenfehler handelt. Stegemanns Kritik in seiner Fußnote an Bauschinger ist aufgrund seines Rechenfehlers unbegründet.

Der Vergleich der Daten für die ekliptische Länge l aus dem AK mit denen aus den AT berechneten (siehe Tabelle 19, Spalte 2 gegen Spalte 3) zeigt für den Mars einen sehr ähnlichen Befund wie für die Venus. Die Differenz der Längen beträgt für Mars im Mittel nur etwas über 1° . Perfekt stimmt (im Rahmen der Rundung) allerdings kein AK-Wert mit dem entsprechenden AT-Wert überein.

Aus den sieben Differenzen der in den AK-Fragmenten überlieferten Werte für die ekliptische Länge des Mars ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{Fragment} - \text{AT}) = -1^\circ.4 \pm 0^\circ.1 \quad \text{für } n = 7 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt $1^\circ.4$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die sieben Differenzen aber nur um $0^\circ.2$.

Wenn man den systematischen Fehler der AK-Werte von $-1^\circ.4$ versuchsweise an den AT-Werten (weil diese ungerundet sind) anbringt, dann stimmen alle sieben Längenwerte im Rahmen der Rundung auf ganze Grad perfekt überein. Woher der konstante Versatz der AK-Längen um $-1^\circ.4$ beim Mars (bei der Venus ganz ähnlich um: $-1^\circ.3$) stammt, bleibt offen (siehe Unterkapitel

(8)). Dabei ist aber wieder zu bedenken, daß die zeitliche Überdeckung im AK (104 Tage) viel kürzer ist als die synodische Umlaufszeit des Mars (780 Tage). Daher sind unser obiger Mittelwert und die Streuungen nicht unbedingt repräsentativ. Trotzdem ist die Ähnlichkeit der Resultate unseres Vergleichs von AK- mit AT-Werten für Venus und Mars erstaunlich.

Der Vergleich der Werte der Alfonsinischen Tafeln mit denen aus modernen Ephemeriden (Spalte 3 gegen Spalte 5 in Tabelle 19), zeigt ebenfalls nur sehr geringe Abweichungen gegeneinander. Die Differenzen $\Delta\lambda(\text{AT} - \text{Modern})$ variieren nur zwischen $-1^\circ.1$ und $+1^\circ.3$. Aus den Differenzen für die ekliptische Länge des Mars ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l(\text{AT} - \text{Modern}) = -0^\circ.3 \pm 0^\circ.3 \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l(\text{AT} - \text{Modern})$ beträgt $0^\circ.9$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die acht Differenzen um $0^\circ.8$. Dieser Mittelwert und die Werte der Streuungen sind aber auch hier aus dem bereits früher genannten Grunde nicht repräsentativ für längere Zeiträume. Bei Gingerich (1993, Fig. 1 auf S. 195) treten größere Fehler in l für den Mars auf (bis zu $+6^\circ.0$). Neugebauer (1905b) findet als maximale Abweichung nur ein Δl von $+1^\circ.2$ (für den 1. Januar 1310). Unsere kleineren Werte können natürlich an dem von uns untersuchten Zeitintervall liegen. Für den 20. September 1477 finden wir aber auch einen sehr kleinen Fehler von $-0^\circ.4$ (siehe Tabelle 6).

In dem vom AK vorgegebenen Zeitintervall liegt allerdings keine Opposition des Mars. Eine solche fand erst kurz danach statt (nach modernen Ephemeriden am 8. Mai 1448, mit einem Abstand Mars–Erde von 0.495 AE). Die von Gingerich berichteten Spitzenwerte der Abweichungen in l treten bei den Oppositionen des Mars am 6. Juli 1576 (mit einem Erdbstand von 0.388 AE) und am 19. Juni 1544 (Erdbstand: 0.410 AE) auf. Offensichtlich beschreiben die AT diese „nahen“ Oppositionen deutlich schlechter als die Oppositionen mit größerem Abstand des Mars von der Erde.

(6) Vergleich der ekliptischen Längen l des Jupiter

Tabelle 20

Vergleich der ekliptischen Längen l des **Jupiter** im Jahr 1448:

Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und mit modernen Daten
(für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektur auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448	Fragment (AK) l [$^\circ$]	AT-1553 (umge- rechnete) l [$^\circ$.]	Bau- schinger l [$^\circ$.]	Moderne Epheme- riden l [$^\circ$.]
6. Jan.	202 $^\circ$	203 $^\circ$.6	204 $^\circ$.8	204 $^\circ$.7
21. Jan.	203 $^\circ$	204 $^\circ$.3	205 $^\circ$.6	205 $^\circ$.6
4. Feb.	204 $^\circ$	204 $^\circ$.5 R	205 $^\circ$.8	205 $^\circ$.7 R
19. Feb.	($\geq 183^\circ$) a,R	203 $^\circ$.9 R	205 $^\circ$.3	205 $^\circ$.2 R
5. März	202 $^\circ$ R	202 $^\circ$.8 R	204 $^\circ$.1	204 $^\circ$.1 R
20. März	200 $^\circ$ R	201 $^\circ$.1 R	202 $^\circ$.4	202 $^\circ$.4 R
3. April	198 $^\circ$ R	199 $^\circ$.3 R	200 $^\circ$.7	200 $^\circ$.6 R
19. April	196 $^\circ$ R	197 $^\circ$.5 R	198 $^\circ$.7	198 $^\circ$.7 R

a: Der vordere Teil der (römischen) Zahl ist im Fragment (AK) zerstört bzw. unleserlich.

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd).

Siehe hierzu auch Erläuterung unter Tabelle 17.

Für Jupiter stimmen die Daten für die ekliptische Länge l aus dem AK relativ gut mit denen aus den AT berechneten überein. Aus den sieben Differenzen der in den AK-Fragmenten überlieferten Werte für die ekliptische Länge von Jupiter ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{Fragment} - \text{AT}) = -1^\circ.2 \pm 0^\circ.1 \quad \text{für } n = 7 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt $1^\circ.2$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die sieben Differenzen aber nur um $0^\circ.4$.

Wenn man den systematischen Fehler der AK-Werte von $-1^\circ.2$ versuchsweise an den AT-Werten (weil diese ungerundet sind) anbringt, dann stimmen sechs der sieben Längenwerte im Rahmen der Rundung auf ganze Grad perfekt überein. Zum konstanten Versatz der AK-Längen um $-1^\circ.2$, den wir ähnlich bereits für Venus und Mars gefunden haben, siehe Unterkapitel (8).

Die zeitliche Überdeckung im AK (104 Tage) ist auch für Jupiter deutlich kürzer als seine synodische Umlaufszeit von 399 Tagen. Sie ist ferner sehr viel kürzer als seine siderische Umlaufszeit von 11.9 Jahren.

Der Vergleich der Werte der Alfonsinischen Tafeln mit denen aus modernen Ephemeriden (Spalte 3 gegen Spalte 5 in Tabelle 20), zeigt ebenfalls nur sehr geringe Abweichungen gegeneinander. Die Differenzen $\Delta \lambda (\text{AT} - \text{Modern})$ variieren nur minimal zwischen $-1^\circ.1$ und $-1^\circ.3$. Aus den Differenzen für die ekliptische Länge des Jupiter ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{AT} - \text{Modern}) = -1^\circ.26 \pm 0^\circ.03 \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ beträgt $1^\circ.3$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die acht Differenzen um $0^\circ.07$. Dieser Mittelwert und die Werte der Streuungen sind aber auch hier aus dem bereits früher genannten Grunde nicht unbedingt repräsentativ für längere Zeiträume. Bei Gingerich (1993, Fig. 3 auf S. 233) treten größere Fehler in l für Jupiter auf, zwischen $-1^\circ.8$ und $+0^\circ.7$. Neugebauer (1905b) findet maximale Abweichungen zwischen $-1^\circ.0$ und $+1^\circ.4$. Für den 20. September 1477 finden wir eine Abweichung von $+0^\circ.78$ (siehe Tabelle 6).

In dem vom AK vorgegebenen Zeitintervall liegt eine Opposition des Jupiter. Sie fand nach modernen Ephemeriden am 1. April 1448 statt.

(7) Vergleich der ekliptischen Längen l des Saturn

Tabelle 21

Vergleich der ekliptischen Längen l des **Saturn** im Jahr 1448:
 Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit
 Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und mit modernen Daten
 (für einen Ort mit $\lambda = +10^\circ = +40^m$ und mit Korrektion auf MOZ(AT) um -16^m)

Datum 1448	Fragment (AK) l [°]	AT-1553 (umge- rechnete) l [°.]	Bau- schinger l [°.]	Moderne Epheme- riden l [°.]
6. Jan.	146° R	147°.4 R	146°.5	146°.5 R
21. Jan.	145° R	146°.4 R	145°.6	145°.5 R
4. Feb.	144° R	145°.2 R	144°.4	144°.3 R
19. Feb.	143° R	143°.9 R	143°.2	143°.1 R
5. März	142° R	143°.0 R	142°.2	142°.1 R
20. März	(Löwe, t), R	142°.1 R	141°.4	141°.3 R
3. April	140° (R?)	141°.5 R	141°.0	140°.9 R
19. April	140° R	141°.6 nR	140°.9	140°.9 nR

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd).
 nR = nicht R: Die Bewegung ist nicht retrograd, sondern direkt. Nur angegeben, wenn das
 Fragment eine retrograde Bewegung (R) anführt.
 Siehe hierzu auch Erläuterung unter Tabelle 17.
 t: Bereich des Löwen: 120° bis 150° .

Auch für Saturn stimmen die Daten für die ekliptische Länge l aus dem AK relativ gut mit denen aus den AT berechneten überein. Aus den sieben Differenzen der in den AK-Fragmenten überlieferten Werte für die ekliptische Länge des Saturn ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{Fragment} - \text{AT}) = -1^\circ.3 \pm 0^\circ.1 \quad \text{für } n = 7 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{Fragment} - \text{AT})$ beträgt $1^\circ.3$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die sieben Differenzen aber nur um $0^\circ.2$.

Wenn man den systematischen Fehler der AK-Werte von $-1^\circ.3$ versuchsweise an den AT-Werten (weil diese ungerundet sind) anbringt, dann stimmen alle sieben Längenwerte im Rahmen der Rundung auf ganze Grad perfekt überein. Zum konstanten Versatz der AK-Längen um $-1^\circ.3$, den wir ähnlich bereits für Venus, Mars und Jupiter gefunden haben, siehe Unterkapitel (8).

Die zeitliche Überdeckung im AK (104 Tage) ist auch für Saturn deutlich kürzer als seine synodische Umlaufszeit von 378 Tagen. Sie ist ferner sehr viel kürzer als seine siderische Umlaufszeit von 29.5 Jahren.

Der Vergleich der Werte der Alfonsinischen Tafeln mit denen aus modernen Ephemeriden (Spalte 3 gegen Spalte 5 in Tabelle 21), zeigt ebenfalls nur sehr geringe Abweichungen gegeneinander. Die Differenzen $\Delta \lambda (\text{AT} - \text{Modern})$ variieren nur minimal zwischen $+0^\circ.6$ und $+0^\circ.9$. Aus den Differenzen für die ekliptische Länge des Saturn ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{AT} - \text{Modern}) = +0^\circ.81 \pm 0^\circ.04 \quad \text{für } n = 8 .$$

Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AT} - \text{Modern})$ beträgt $0^\circ.8$. Um ihren obigen Mittelwert streuen die acht Differenzen um $0^\circ.1$. Dieser Mittelwert und die Werte der Streuungen sind aber auch hier aus dem bereits früher genannten Grunde nicht unbedingt repräsentativ für längere Zeiträume. Bei Gingerich (1993, Fig. 3 auf S. 233) treten größere Fehler in l für Saturn auf, zwischen $-0^\circ.7$ und $+3^\circ.0$. Neugebauer (1905b) findet maximale Abweichungen zwischen $-0^\circ.7$ und $+1^\circ.0$. Für den 20. September 1477 finden wir eine Abweichung von $+1^\circ.15$ (siehe Tabelle 6).

In dem vom AK vorgegebenen Zeitintervall liegt eine Opposition des Saturn. Sie fand nach modernen Ephemeriden am 4. Februar 1448 statt.

(8) Systematische Fehler in den ekliptischen Längen l des AK

Wir untersuchen hier, wie stark die Differenzen der Längenwerte im AK von denen aus den AT berechneten Werten in systematischer Weise abweichen. Den Mittelwert aus den Differenzen $l(\text{AK})$ minus $l(\text{AT})$ eines Himmelskörpers bezeichnen wir als den (konstanten) systematischen Fehler des AK in Bezug auf die AT. Die mögliche systematische Zeitabhängigkeit der Differenzen betrachten wir hier nicht, weil uns die nur viermonatige Zeitbasis des AK dafür in der Regel nicht als ausreichend erscheint.

(8.1) Keine systematischen Fehler des AK in den ekliptischen Längen der Sonne und des Mondes

Wie wir in Unterkapitel (1) gezeigt haben, besitzen die ekliptischen Längen der Sonne im AK keinen signifikanten systematischen Fehler in Bezug auf die AT (formaler Wert: $-0^\circ.02$). Sie sind daher vermutlich direkt oder indirekt aus den AT berechnet worden.

Wie wir in Unterkapitel (2) gezeigt haben, besitzen die ekliptischen Längen des Mondes im AK ebenfalls keinen signifikanten systematischen Fehler in Bezug auf die AT (formaler Wert: $+0^\circ.20 \pm 0^\circ.23$). Sie sind daher vermutlich auch direkt oder indirekt aus den AT berechnet worden.

(8.2) Einheitlicher systematischer Fehler des AK in den ekliptischen Längen der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn

Eines der auffälligsten Resultate unserer Vergleiche von ekliptischen Längen ist folgendes (siehe Unterkapitel (4) bis (7), und Spalte 2 der Tabelle 22):

- (1) Die fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn zeigen im AK alle einen sehr signifikanten systematischen Fehler in Bezug auf die AT.
- (2) Die systematischen Fehler dieser fünf Planeten sind alle im Rahmen der Bestimmungsgenauigkeit nahezu identisch.

Als gemeinsamen systematischen Fehler der Planeten benutzen wir in Tabelle 22 und in unserer weiteren Diskussion den gewichteten(!) Mittelwert der fünf Einzelwerte der Planeten, der $-1^\circ.3$ beträgt.

Tabelle 22
Vergleich von ekliptischen Längen l im Jahr 1477
im AK mit den aus den umgerechneten AT-Tafeln von Wegener
vor und nach einer Korrektur

Körper	Systematischer Fehler des AK	Perfekte Übereinstimmung in l zwischen AK und AT(gerundet)	
		vor Korrektur	nach Korrektur
Sonne	keiner	5 von 5	5 von 5
Mond	(keiner	3 von 5	3 von 5)
Merkur	$(-1^{\circ}.0 \pm 0^{\circ}.2$ $-1^{\circ}.3$	2 von 7 2 von 7	4 von 7) 4 von 7
Venus	$-1^{\circ}.3 \pm 0^{\circ}.1$	1 von 7	6 von 7
Mars	$(-1^{\circ}.4 \pm 0^{\circ}.1$ $-1^{\circ}.3$	0 von 7 0 von 7	7 von 7) 7 von 7
Jupiter	$(-1^{\circ}.2 \pm 0^{\circ}.1$ $-1^{\circ}.3$	1 von 7 1 von 7	6 von 7) 6 von 7
Saturn	$-1^{\circ}.3 \pm 0^{\circ}.1$	0 von 7	7 von 7
Alle Planeten	$-1^{\circ}.3$	4 von 35	30 von 35
Alle Körper	ohne Mond: (mit Mond:	9 von 40 12 von 45	35 von 40 38 von 45)

Bei den Planeten haben wir in den eingeklammerten Zeilen den individuellen systematischen Fehler des Planeten benutzt, wenn dessen Wert vom gemeinsamen Mittelwert $-1^{\circ}.3$ abweicht.

Noch überraschender für uns ist folgender Befund: Wenn man die AK-Werte der Planeten um ihren systematischen Fehler korrigiert, dann stimmen plötzlich die meisten der AK-Werte der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn mit den gerundeten AT-Werten perfekt überein⁹⁶. Dabei ist es egal, ob man den individuellen systematischen Fehler eines Planeten benutzt oder den Mittelwert der fünf systematischen Fehler ($-1^\circ.3$) verwendet⁹⁷. Tabelle 22 zeigt in der Zeile „Alle Planeten“, daß die Anzahl der perfekten Übereinstimmungen zwischen den AK- und AT-Werten durch die Korrektur bei den Planeten dramatisch von 4 auf 30 von 35 Längen-Werten ansteigt!

Man kann unseren Befund folgendermaßen veranschaulichen: Die 35 im AK gegebenen Längen-Werte l der fünf Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn ergeben auf der Himmelssphäre längs der Ekliptik⁹⁸ ein Muster von AK-Punkten. Jeder der Punkte trägt noch eine Markierung mit dem Namen des Planeten und mit der Datumsangabe. Für jeden der 35 Punkte berechnen wir nun die Länge l nach den AT und zeichnen das Muster der AT-Punkte ebenfalls auf die Sphäre. Ein Vergleich der beiden Punktmengen zeigt dann überraschenderweise, daß beide Punktwolken in Bezug auf ihre innere Struktur nahezu gleich aussehen⁹⁹, daß aber die beiden Punktmengen längs der Ekliptik um einen festen Wert gegeneinander verschoben sind. Diese Verschiebung nennen wir den systematischen Fehler des AK gegenüber den AT. Die ermittelte Verschiebung in l der AK-Punktmenge gegenüber der AT-Punktmenge beträgt $-1^\circ.3$. Die AK-Punkte sind also gegen die entsprechenden AT-Punkte in westliche Richtung (hin zu abnehmenden Längen) verschoben.

⁹⁶Im Prinzip müssen die AK-Werte durch Subtraktion des systematischen Fehlers des AK korrigiert werden: $\text{AK(korrigiert)} = \text{AK(Original)} - \text{systematischer Fehler des AK} = \text{AK(original)} - (-1^\circ.3) = \text{AK(original)} + 1^\circ.3$.

Man nimmt die Korrektur aber am einfachsten in der Form vor, daß man formal den systematischen Fehler der AK-Werte zu den AT-Werten addiert und die erhaltenen AT-Werte dann auf ganze Grad rundet: $\text{AT(korrigiert)} = \text{AT(Original)} + \text{systematischer Fehler des AK} = \text{AT(original)} + (-1^\circ.3) = \text{AT(original)} - 1^\circ.3$. Anschließend vergleicht man dann den gerundeten Wert von AT(korrigiert) mit AK(Original). Dieses Vorgehen ist deswegen sinnvoll, weil die AT-Werte auch Zehntel Grad angeben, während die AK-Werte nur ganze Grad anzeigen. Beide Verfahren ergeben hinsichtlich des Vergleichs der AK- mit den AT-Werten grundsätzlich aber die gleichen Resultate.

⁹⁷Die Beträge der Differenzen nach der Korrektur liegen für die 30 übereinstimmenden Werte bis auf einen alle unter $0^\circ.5$. Nur eine Jupiter-Differenz (vom 5. März 1448) liegt bei Verwendung des Mittelwertes aus den fünf Planeten als Korrektur bei genau $0^\circ.50$, was wir noch als perfekte Übereinstimmung gelten lassen. Die fünf AK-Längen, die nach der Korrektur immer noch nicht perfekt übereinstimmen, weisen dann immerhin nur relativ kleine Abweichungen $\Delta l(\text{AK korrigiert} - \text{AT})$ auf: Merkur $-0^\circ.6$ am 21. Januar, $+1^\circ.0$ am 19. Februar und $+0^\circ.8$ am 5. März, Venus $+0^\circ.8$ am 19. April 1448, und Jupiter $+0^\circ.8$ am 4. Februar 1448.

⁹⁸Wir vernachlässigen hier die im AK nicht angegebenen ekliptischen Breiten b der Planeten

⁹⁹Das gilt für 30 der 35 Punkte bei Beachtung der Rundungen

Der obige Befund für die fünf Planeten Merkur bis Saturn kann kein Zufall sein. Die Wahrscheinlichkeit für eine zufällige perfekte Übereinstimmung von 30 von 35 Längen-Werten nach der Korrektur (statt vorher 4 von 35) ist jedenfalls extrem gering. Wir schließen aus der so erreichten Übereinstimmung der meisten Längenangaben des AK mit AT-Werten, daß die im AK angegebenen Werte der ekliptischen Länge für Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn im Grunde aus den Alfonsinischen Tafeln berechnet wurden.

Woher stammt aber der systematische Fehler des AK von $-1^{\circ}.3$ gegenüber den AT in den Längen der fünf Planeten? Bei Erklärungsversuchen ist immer zu berücksichtigen, daß AK und AT für die Längen von Sonne und Mond perfekt übereinstimmen, und zwar ohne jede Korrektur.

Bei gemeinsamen Fehlern in ekliptischen Längen, z.B. von Fixsternen, erscheint zunächst ein Fehler in der Behandlung der Präzession möglich. Bei der für uns heute sehr merkwürdigen Behandlung der Präzession in den AT durch Einbeziehung einer fiktiven Komponente (der sogenannten Trepidation) ist dieser Verdacht besonders naheliegend. Für die systematischen Fehler in den Längen der Planeten kann das aber aus zwei Gründen nicht der Fall sein.

Erstens müßten dann auch die Längen von Sonne und Mond betroffen sein. Das ist aber nicht der Fall (siehe Unterkapitel (1) und (2)). Zweitens berechnen die AT die Längen von Sonne, Mond und Planeten in einer Weise, daß die Längen-Resultate in erster Näherung unabhängig von der Präzession sind und sich direkt auf den jeweiligen Frühlingspunkt als Nullpunkt beziehen. Das erreichen die AT dadurch, daß z.B. für die mittlere Bewegung der Sonne das Tropische Jahr zugrunde gelegt wird. Analog wird die mittlere Bewegung der Planeten Mars bis Saturn aus ihrer Tropischen Umlaufzeit berechnet. Dadurch benötigt man keine Kenntnis über die Präzession. Die Präzession geht nur indirekt in die Resultate der AT ein. Für die Sonne und die Planeten nehmen die AT an, daß die individuelle Richtung ω_0 des Apogäums (die „radix augis“ des Körpers) fest mit den Fixsternen verbunden ist. Dann benötigt man zur Berechnung der aktuellen Länge ω des Apogäums (der „aux propria“), die auf den Frühlingspunkt bezogen ist, den aufgelaufenen Wert der Präzession (die „aux communis“ π): $\omega = \omega_0 + \pi$. Der so bestimmte Wert von ω beeinflusst zwar die für die Berechnung der Länge l benötigten Zusatzgrößen x (die „aequatio centri“) und y (die „aequatio argumenti“). Dabei hängt der Effekt noch von der „Exzentrizität“ (im Sinne der AT) ab, die von Planet zu Planet unterschiedlich ist. Auf diese indirekte Weise kann eine fehlerhafte Präzession also kaum einen konstanten systematischen Fehler in den Längen l der Körper hervorrufen, der noch dazu der gleiche für die fünf Planeten Merkur bis Saturn ist. Eine fehlerhafte Berechnung der Präzession im AK scheidet also als Ursache des systematischen Fehlers der Längen von Venus bis Saturn aus.

Man könnte versucht sein, den systematischen Fehler in den Längen des AK durch die Annahme zu erklären, daß die Startwerte (die „radices augium“) der mittleren Bewegungen der fünf Planeten im AK aus irgendeinem Grunde alle um den gleichen Betrag von ungefähr $-1^\circ.3$ falsch seien. Für die Venus ist das kaum möglich, weil ihr Startwert identisch ist mit dem der Sonne, und die Sonne zeigt nur eine mittlere Abweichung in l von $+0^\circ.02$ (siehe Unterkapitel (1)). Auch wäre bei einer fehlerhaften Umrechnung der Startwerte von einer Epoche auf eine andere der Fehler von Planet zu Planet verschieden, weil sich die mittleren Bewegungen der Planeten stark unterscheiden. Also auch diese Deutung ist nicht plausibel¹⁰⁰.

Nach unserer Meinung beruht der gemeinsame „systematische Fehler“ in den Längen der fünf Planeten nicht auf einem Rechenfehler, sondern auf einer speziellen Zielsetzung des Berechners der genannten Längen im AK. Wie oben ausgeführt, beziehen sich die ekliptischen Längen in den AT stets auf den momentanen Frühlingspunkt als Nullpunkt der Längen. Offenbar bezieht der AK aber die Längen der Planeten auf einen anderen, zeitlich unveränderlichen Frühlingspunkt, der in Bezug auf die Fixsterne ruht¹⁰¹. Dann bewegt sich der instantane Frühlingspunkt der AT relativ zu diesem festen Frühlingspunkt aufgrund der Präzession, was die im AK angegebenen Längen beeinflusst.

In den AT besteht die Präzession aus zwei Komponenten: der „säkularen“ Präzession, die unserem heutigen Verständnis von Präzession qualitativ, aber nicht quantitativ entspricht, und einer aus unserer heutigen Sicht fiktiven periodischen Komponente, der sogenannten „Trepidation“ (siehe unser Kapitel 7.3 und Wegeners Ausführungen in seiner Dissertation (1905a, S. 13 bis 16)). An vielen Stellen in den AT wird die periodische Trepidation aber vernachlässigt. Das gilt insbesondere für die hier wichtigen mittleren Bewegungen der Planeten, die mit Trepidation eigentlich zeitlich variabel sein müßten (Wegener (1905a, S. 15/16)). Es ist daher sinnvoll, auch hier nur die säkulare Präzession zu betrachten, die wir mit p bezeichnen. Ihr zeitliches Anwachsen dp/dt wird in den AT in der „TABVLA prima motus medii Augium & Stellarum fixarum“ (z.B. auf Seite 9 der AT-1553) angegeben:

$$\begin{aligned} dp/dt &= 0^\circ 0' 0'' 4''' 20'''' 41^V 17^{VI} \dots / \text{Tag} \\ &= 0''.072413 / \text{Tag} = 26''.449 / \text{Jahr} = 0^\circ.0073469 / \text{Jahr} . \end{aligned}$$

(Der moderne Wert für dp/dt (die Präzessionskonstante) beträgt $50''.288 / \text{Jahr} = 0^\circ.0139689 / \text{Jahr}$, ist also viel größer).

¹⁰⁰Die AT-1553 (S. 264-266) geben die Startwerte z.B. auch für den Beginn der Alfonsinischen Ära (1. Juni 1252) an (radices Alfonsi). Diese entsprechen nach einer notwendigen Umrechnung aber voll den Radices der AT-1553, die für das Jahr 1 n. Chr. gelten (radices incarnationis).

¹⁰¹Diese unterschiedliche Behandlung des Frühlingspunktes entspricht in der Astrologie dem Unterschied zwischen einem „tropischen“ Tierkreis und einem „siderischen“ Tierkreis

Welche Epoche hat der AK nun für seinen unveränderlichen Frühlingspunkt gewählt? Wir glauben, es ist das Jahr 1252. In diesem Jahr wurde Alfons X. zum König von Kastilien und León gekrönt. Ihm zu Ehren als Begründer der AT beginnt in den AT im Jahre 1252 die „Aera Alfonsi“ (die Alfonsinische Ära; siehe z.B. Wegener (1905b, S. 177)). Zwischen dem Jahr 1448 des AK und dem Jahr 1252 liegen 196 Jahre. In denen hat sich die Präzession p um $(0^\circ.0073469 / \text{Jahr}) \times 196 \text{ Jahre} = 1^\circ.44$ geändert. Dieser Wert entspricht ziemlich genau dem Betrag des „systematischen Fehlers“ des AK von $-1^\circ.3$ ^{102 103}. Auch das Vorzeichen des „systematischen Fehlers“ ergibt sich korrekt als negativ, denn der instantane Frühlingspunkt bewegt sich auf der Ekliptik aufgrund der Präzession rückläufig. Dadurch sind die Längen aus den AT nach 1252 größer als die des AK, d.h. die Differenzen AK minus AT sind dann negativ.

Nicht erklären kann unsere Hypothese, warum die Längen von Sonne und Mond im AK nicht auch auf den festen Frühlingspunkt von 1252 bezogen wurden. Hier könnte man sich aber vorstellen, daß die ekliptischen Längen für Sonne und Mond einerseits und für Merkur bis Saturn andererseits für den AK aus zwei verschiedenen Quellen entnommen wurden, die beide im Prinzip auf den AT beruhten, sich aber in der Behandlung des Frühlingspunktes unterschieden.

Zusammenfassend stellen wir fest, daß von allen 45 Längenangaben für die Sonne, den Mond und die Planeten im AK 38 Werte (d.h. 84%) perfekt mit den Ergebnissen aus Rechnungen mit den AT übereinstimmen, wenn man die 35 Werte von Merkur bis Saturn um einen gemeinsamen systematischen Fehler im AK korrigiert und die 10 Werte für Sonne und Mond unkorrigiert übernimmt¹⁰⁴. Nach unserer Ansicht beweist das, daß die Alfonsinischen Tafeln als Basis für die im AK aufgeführten Längen-Werte gedient haben.

¹⁰²Wenn man umgekehrt einen Wert von $1^\circ.3 \pm 0^\circ.1$ als Längenänderung aufgrund der Präzession (aus dem ermittelten Betrag des systematischen Fehlers) vorgibt, so erhält man als Epochendifferenz $(1^\circ.3 \pm 0^\circ.1) / (0^\circ.0073469 / \text{Jahr}) = 177 \text{ Jahre} \pm 14 \text{ Jahre}$. Dann ergibt sich für die Epoche des unveränderlichen Frühlingspunktes das Jahr 1448 minus 177, d.h. das Jahr 1271 (± 14 Jahre), was mit dem Jahr 1252 verträglich ist.

¹⁰³Wollten wir die Trepidation doch mitberücksichtigen, dann könnten wir dazu die Tafel I von Wegener (1905a) benutzen. Danach beträgt der Unterschied der *aux communis* π zwischen 1252 und 1448 $2^\circ.0$. Die Übereinstimmung mit dem Betrag des systematischen Fehlers des AK ist dann nicht mehr so gut.

¹⁰⁴Wenn man die Längen des Mondes nicht berücksichtigt, weil diese bei den Syzygien eigentlich nur die Sonnenlängen widerspiegeln sollten (genau 0° oder 180° Differenz in l), dann stimmen 35 von 40 Längenwerte des AK perfekt mit den AT-Werten überein. Das entspricht dann sogar einer Übereinstimmungsrate von 83%)

*(9) Vergleich der Resultate von Bauschinger für 1448
mit modernen Ephemeriden*

Unsere Untersuchungen zum „Astronomischen Kalender“ für 1448 erlauben auch ein Urteil darüber, wie genau die von Bauschinger (1902) mitgeteilten ekliptischen Längen l im Vergleich zu modernen Ephemeriden waren. Bauschinger hat seine Daten zusammen mit seinem Mitarbeiter Stichtenoth im Jahre 1901 berechnet. Er benutzte dabei die damals genauesten Tafeln von Newcomb und Hill.

Unsere Tabellen 14 bis 21 zeigen, daß die Ergebnisse von Bauschinger für den beabsichtigten Zweck hinsichtlich ihrer Genauigkeit völlig ausreichend waren. Die Beträge der Abweichungen in l (Bauschinger – Modern) liegen für die untersuchten Zeitpunkte im Jahre 1448 meist nur bei ein oder zwei Zehntel Grad. Die maximalen Abweichungen betragen:

für die Sonne: $0^{\circ}.12$;

für den Mond hat Bauschinger keine Daten veröffentlicht;

für Merkur $0^{\circ}.5$;

für Venus $2^{\circ}.1$;

für Mars $0^{\circ}.2$;

für Jupiter: $0^{\circ}.1$;

für Saturn: $0^{\circ}.1$.

Ein Teil dieser Werte ist noch durch die vorgenommenen Rundungen beeinflusst.

Auffallend ist die Abweichung von $2^{\circ}.1$ bei der Venus am 21. Januar 1448. Wir glauben nicht, daß es sich dabei um einen Druck- oder Rechen-Fehler bei Bauschinger handelt, denn auch der nachfolgende Wert vom 4. Februar 1448 zeigt eine Abweichung von $1^{\circ}.2$. Alle anderen Differenzen für Bauschinger minus Modern liegen bei höchstens $0^{\circ}.2$. Vermutlich waren die Ephemeriden auf der Basis der Newcombschen Tafeln für die Venus in der Nähe ihrer unteren Konjunktion am wenigsten genau.

Unser Vergleich der Daten von Bauschinger mit modernen Ephemeriden sollte nicht den Eindruck erwecken, als ob die astronomischen Ephemeriden um 1900 noch nicht sehr genau waren. Sie hatten damals bereits Genauigkeiten im Bereich von wenigen Bogensekunden.

Beim Vergleich von Bauschingers Daten mit heutigen Ephemeriden ist Folgendes zu berücksichtigen: (1) Bauschinger und Stichtenoth haben sicher aus Gründen des Zeit- und Arbeits-Aufwandes von vornherein nur eine Genauigkeit in l von ca. einem Zehntel Grad angestrebt, weil das für den Vergleich mit dem AK absolut ausreichend ist. Zum Beispiel könnten sie dazu kleinere Störterme in ihrer Rechnung vernachlässigt und andere Vereinfachungen vorgenommen haben. (2) Die Extrapolation der beobachteten Bahn eines Planeten in die fernere Vergangenheit (1448) ergibt deutlich ungenauere Ephemeriden.

Die von Bauschinger verwendeten Tafeln beruhten zwar meist auf hervorragenden Beobachtungen mit Meridiankreisen während der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Sie ergaben daher sehr gute Ephemeriden für die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts, aber weniger genaue Daten für das 400 Jahre zurückliegende 15. Jahrhundert.

Eine Fehleinschätzung von Bauschinger (1902) können wir hier korrigieren. Im Kommentar zum Vergleich seiner Rechnungen mit dem AK schreibt er zu den stark abweichenden Werten von l für Merkur am 4. und 19. Februar 1448, daß die im AK gegebenen Werte „offenbar durch Versehen oder Rechenfehler entsteht“ seien. Das ist sicher nicht der Fall, denn die Werte nach den AT weichen sogar noch stärker von Bauschingers Werten ab, z.B. am 19. Februar mit $17^{\circ}.6$. Bauschinger hat offenbar nicht erwartet, daß in den AT und damit auch im AK methodenbedingt solch große Fehler auftreten können. Vor allem hat er vermutlich einen gleichmäßigeren Verlauf der Fehler mit der Zeit erwartet und nicht plötzliche „Spitzen“ (hier in der Nähe der unteren Konjunktion des Merkur).

17.4 Schlußfolgerungen über die Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448

17.4.1 Frühere Vermutungen über die Quelle der Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448

Bauschinger hat als Quelle der Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448 „zweifelloso die Alfonsinischen Tafeln oder damit hergestellte handschriftliche Ephemeriden“ angesehen. Allerdings hat er noch keine Vergleiche zwischen den Daten im „Astronomischen Kalender“ (AK) und entsprechenden Ergebnissen aus den Alfonsinischen Tafeln angestellt (siehe Kapitel 5.2.2).

Die Ephemeriden von Peurbach und Regiomontanus schließt Bauschinger aus, weil sie „erst um 1450“ beginnen. Falls der AK aber erst später (etwa um 1458) verfaßt und gedruckt wurde, wäre diese Zeitgrenze nicht relevant. Da aber die Ephemeriden von Peurbach und Regiomontanus ihrerseits auch auf den AT basieren, wären die Alfonsinischen Tafeln in jedem Falle die ursprüngliche Grundlage der Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ gewesen.

Zinner (1938, S. 128/129, und 1968, S.14/15) hat die Ephemeriden des AK mit denen in zwei Jahrbüchern verglichen: erstens dem Jahrbuch für 1448

von Regiomontanus¹⁰⁵, und zweitens einem Leipziger Jahrbuch¹⁰⁶. Nach Zinner beruhen beide Jahrbücher auf den Alfonsinischen Tafeln (AT). Zinner stellt fest, daß die Ephemeriden im AK nicht exakt mit denen in den beiden AT-basierten Jahrbüchern übereinstimmen¹⁰⁷. Die Differenzen in l zwischen den Angaben im AK und den Werten von Regiomontanus bzw. den Werten im Leipziger Jahrbuch betragen bei einem korrekten Vergleich nur ca. 1° für Saturn und für Jupiter.

Zinner (1938, S. 129) schreibt, daß der Herausgeber des AK (Gutenberg?) vermutlich „einen bewährten Kalenderrechner mit der Berechnung [*der Ephemeriden des AK*] beauftragt [*habe*]“. „Trotzdem war dessen Leistung nicht so gut wie die Regiomontans“. Für einige der Differenzen betrachtet Zinner „Nachlässigkeiten des Kalenderrechners“ bzw. „Schreib- und Druckfehler“ als mögliche Ursachen¹⁰⁸. Zinner hält jedenfalls (richtigerweise) die Alfonsinischen Tafeln für die Grundlage der Ephemeriden im AK.

Stegemann (1948) vergleicht einige der astronomischen Angaben im AK mit Daten, die er selbst aus den AT unter Benutzung der ungerechneten Tafeln aus Wegeners Dissertation berechnet hat. Leider sind Stegemann dabei eine Anzahl von Rechenfehlern unterlaufen (siehe Kapitel 17.3.4(4)). Auch Stegemann stellt fest, daß die Ephemeriden im AK zwar nicht ganz mit denen aus den AT folgenden übereinstimmen. Die Differenzen sind aber in seinen Beispielen meist klein, wenn wir die AT-Werte ausschließen, die mit Rechenfehlern von Stegemann behaftet sind¹⁰⁹.

Wehmer (1948, S. 35) hält es für möglich, daß die Ephemeriden im AK in mehreren Etappen ermittelt wurden: „Es ist undenkbar, daß der gelehrte Astronom, der ursprünglich die Mondphasen und Planetenörter des Jahres 1448 berechnet hat, identisch ist mit dem Bearbeiter, der das Manuskript des AK niederschrieb. Wir müssen damit rechnen, daß zwischen der Urfassung und der im AK gedruckten Fassung der astronomischen Angaben ein, vielleicht auch mehrere Zwischenglieder lagen.“. In den lateinischen Monatsnamen

¹⁰⁵Zu diesem handschriftlichen Jahrbuch für 1448 des jugendlichen Regiomontanus siehe Kapitel 17.5 und 17.6

¹⁰⁶Handschriftliches Jahrbuch für 1440 bis 1470 in der Ratsbibliothek in Nürnberg, Cent. VI, 16, 149r-192v; nach Zinner ist es erst um 1468 entstanden

¹⁰⁷Leider ist die Tabelle bei Zinner (1938, S. 129) durch eine versehentliche Fehlanordnung bei Jupiter entstellt und dadurch für diesen Planeten nur eingeschränkt brauchbar. Offenbar ist die erste Zeile (für den 6. Januar) bei Jupiter verlorengegangen. Die anderen Zeilen sind dadurch fälschlicherweise nach oben verschoben worden. Die korrekten Werte für Jupiter sind aus unseren Tabellen 20 und 25 ersichtlich.

¹⁰⁸Die systematische Abweichung von $-1^\circ.3$ in den Längen der Planeten im AK gegenüber den AT (siehe Kapitel 17.3.4(8)) hat Zinner nicht erkannt und nicht berücksichtigt. Sein Urteil ist daher nicht zutreffend.

¹⁰⁹Stegemann (1948, S.46) fällt sogar bereits der systematische Fehler der Längen der Planeten im AK gegenüber den AT („nach der negativen Seite um $1\frac{1}{2} \dots \text{Grad}$ “) auf, obwohl ihm nur wenige Differenzen zur Verfügung standen. Er kommentiert diesen Befund aber nicht eingehender.

des AK sieht Wehmer die Spuren einer lateinischen Vorlage. Zur Frage, ob der „gelehrte Astronom“ die AT als Grundlage seiner Ephemeriden benutzt hat, äußert sich Wehmer nicht.

17.4.2 Hinweise auf die Quelle der Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448 aus unseren Vergleichsergebnissen

Was sagen unsere Vergleichsergebnisse zur Frage der Quelle der Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ für 1448 aus? Unsere Schlussfolgerung lautet: Die meisten Ephemeriden-Daten für die ekliptischen Längen für Sonne, Mond und Planeten im „Astronomischen Kalender“ für 1448 (AK) stimmen mit den Vorhersagen der Alfonsinischen Tafeln (AT) völlig überein. Der Rest liegt stets nahe an den AT-Werten. Diese AK-Werte sind also entweder direkt aus den AT berechnet worden oder sie stammen aus sekundären Quellen, die ihrerseits auf den AT basierten. Uns sind jedenfalls keine anderen Tafeln, Jahrbücher oder daraus abgeleitete Ephemeriden bekannt, die noch besser oder vollständiger mit den astronomischen Daten im AK übereinstimmen würden.

Nicht so klar ist die Lage bei den Zeitpunkten der Syzygien, d.h. von Neu- oder Vollmond. Hier stimmen die Zeitpunkte, die der AK nennt, zwar im Mittel gut mit den aus den AT berechenbaren überein. Die Einzelwerte zeigen aber oft größere Abweichungen. Entweder hat der Berechner dieser AK-Angaben nicht mit der maximal möglichen Genauigkeit gearbeitet (siehe Kapitel 17.3.3 für nähere Erläuterungen), oder der Verfasser des AK hat ungenauere sekundäre Quellen benutzt, die aber wegen der guten mittleren Übereinstimmung der Zeitpunkte wahrscheinlich auch auf den AT basiert haben. Solche Sekundär-Quellen mit Angaben nur zu den Syzygien gab es damals in großer Zahl, weil die Zeitpunkte der Mondphasen und die Stellung des Mondes in den Tierkreiszeichen vielen Menschen aus astrologischen Gründen für ihre Lebensgestaltung wichtig erschienen. Es dürfte aber sehr schwer sein, eine solche Quelle für den AK zu identifizieren, da es sich zwar um viele Handschriften handelte, von denen aber jede eben nur in einem einzigen Original vorlag. Die Anzahl der Abschriften war sicher nicht sehr groß. Wahrscheinlich ist die Mehrzahl dieser Werke nicht überliefert.

Als Bauschinger Alfred Wegener damit beauftragte, die Alfonsinischen Tafeln (AT) in eine gut handhabbare Form zu bringen, hatte er sicher die Hoffnung, daß die aus den AT zu berechnenden Ephemeriden genau die astronomischen Daten im „Astronomischen Kalender“ für 1448 erklären würden. Diese Hoffnung hat sich zwar sehr weitgehend bestätigt. Aber es bleiben noch Fragen nach den unmittelbaren Quellen der AK-Angaben offen. Wenn man Glück hat,

wird vielleicht in einer Bibliothek oder in einem Archiv doch noch eine alte Handschrift (z.B. eines Jahrbuchs oder einer Ephemeriden-Sammlung) identifiziert, die in der Lage ist, alle Daten des AK völlig exakt zu reproduzieren.

Eine solche Suche muß sich auf Handschriften konzentrieren, denn gedruckte Ausgaben der Alfonsinischen Tafeln (AT) sind erst ab 1483 bekannt (AT-1483, siehe Literaturverzeichnis). Da der AK für 1448 sicher zu den frühesten Druckwerken überhaupt zählt, sind auch andere Drucke als Vorlage für die astronomischen Angaben im AK auszuschließen. Handschriften der AT (und von AT-basierten Ephemeriden) waren dagegen im 14. und 15. Jahrhundert weit verbreitet. Als ein Beispiel zeigen wir in Fig. 58 einen Ausschnitt einer Handschrift der AT, die sich in der Spanischen National-Bibliothek unter „Tabula Alfonsi“ befindet (Codex No. 25 bei Rico y Sinobas (1867, Band 5.1, S. 48)). Die Handschrift ist vermutlich Ende des 14. Jahrhunderts oder Anfang des 15. Jahrhunderts in Italien entstanden. Ein Scan der Handschrift ist unter dem Link <http://hdl.loc.gov/loc.wdl/wdl.7326> zu finden. Als ein weiteres Beispiel für eine Handschrift der AT verweisen wir auf ein Manuskript aus der Heidelberger Bibliotheca Palatina, das sich heute in der Biblioteca Apostolica im Vatikan befindet (Pal. lat. 1376) und unter dem Link <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-diglit-124409> einsehbar ist. Dieses Manuskript ist wohl etwas später, um die Mitte des 15. Jahrhunderts (etwa 1447), in Regensburg angefertigt worden.

Bei unserem Ausschnitt handelt es sich um den Beginn der Tafel mit der mittleren Bewegung des Mondes: *Tabula medii motus Lunae*. Zum Vergleich zeigen wir in Fig. 59 den Ausschnitt aus den gedruckten AT-1553, der inhaltlich dem Ausschnitt aus der oben beschriebenen Handschrift entspricht. Ein Vergleich beider Figuren zeigt die völlige Übereinstimmung der Daten in Handschrift und Druck. Man muß dabei allerdings die für uns ungewohnte Schreibweise mancher Ziffern in der Handschrift berücksichtigen.

Falls man eine Handschrift findet, die als direkte Quelle der astronomischen Daten im AK in Frage kommt, dann steht man aber vermutlich vor dem nächsten Problem. Denn die wenigsten Dokumente dieser Art geben eine eindeutige Auskunft über ihre Berechnungsgrundlagen (z.B. die benutzten Tafeln). Es wären wahrscheinlich auch hier nur indirekte Rückschlüsse auf die Quelle der Daten in einer solchen Handschrift möglich. An der Einschätzung der Alfonsinischen Tafeln als grundlegender Quelle der astronomischen Angaben im AK würde das insgesamt vermutlich wenig ändern.

P. 4199 P. 4199		P. 4199 P. 4199	
21/40/14/12		21/40/14/12	
14/40/21/40/14/12		14/40/21/40/14/12	
1	0 13 10 39 1 19 11 2 39	31	0 28 38 478 90 23 22 9
2	0 20 21 10 2 30 22 9 10	32	1 1 38 20 20 9 42 20 40
3	0 39 31 24 3 24 33 13 24	33	1 19 29 14 21 9 31 19
4	0 42 22 20 9 0 24 18 20	34	1 27 40 40 22 30 15 39 40
5	1 9 42 49 0 19 49 22 49	35	1 21 10 29 23 41 21 40 28
6	1 12 3 30 1 31 0 21 30	36	1 49 21 00 25 0 38 24 0
7	1 32 12 9 0 25 1 32 9	37	2 7 31 34 20 21 49 49 39
8	1 24 22 20 10 1 28 40 20	38	2 20 42 10 24 37 0 49 10
9	1 48 39 19 11 16 39 21 19	39	2 33 42 44 28 42 11 48 49
10	2 11 24 40 12 31 40 25 40	40	2 48 3 20 40 7 23 3 20
11	2 24 40 24 13 24 1 40 24	41	3 0 13 49 41 22 32 7 49

Fig. 58. Ausschnitt aus einer Handschrift der AT mit dem Beginn der „Tabula medi
motus Lune“ (Tafel der mittleren Bewegung des Mondes). Oberer Teil der Seite 8r.
Das Original der Handschrift befindet sich in der Spanischen National-Bibliothek
in Madrid (siehe Angaben und Erläuterungen im Text).

Re incarnationis ad meridianum toleti.

3 8 m 2 3 4 35
2. 2. 46. 50. 16. 40.

Tabula Medii Motus Lunæ

4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	5	8	m	2	3	4							3	5	8	m	2	3	4					
2		5	8	m	2	3	4						2		5	8	m	2	3	4				
1			5	8	m	2	3	4					1			5	8	m	2	3	4			
1	0	13	10	35	1	15	11	4	35		31	6	48	28	5	38	50	43	22	5				
2	0	26	21	10	2	30	22	9	10		32	7	1	38	40	40	5	54	62	40				
3	0	39	34	45	3	45	33	13	45		33	7	14	49	15	41	21	5	31	15				
4	0	52	42	20	5	0	44	18	20		34	7	27	59	50	42	36	16	35	50				
5	1	5	52	55	6	15	55	22	55		35	7	41	10	25	43	51	27	40	25				
6	1	19	3	30	7	31	6	27	30		36	7	54	21	0	45	6	38	45	0				
7	1	32	14	5	8	46	17	32	5		37	8	7	31	35	46	21	49	49	35				
8	1	45	24	40	10	1	28	36	40		38	8	20	42	10	47	37	0	54	10				
9	1	58	35	15	11	16	39	41	15		39	8	33	52	45	48	52	11	58	45				
10	2	11	45	50	12	31	50	45	50		40	8	47	3	20	50	7	23	3	20				
11	2	24	56	25	13	47	1	50	25		41	9	0	13	55	51	22	34	7	55				

Fig. 59. Ausschnitt aus Seite 35 der gedruckten AT-1553, der dem Ausschnitt aus der Handschrift in Fig. 58 entspricht. Quelle: Adaptiert aus dem Scan des Exemplars der AT-1553 der Bayerischen Staatsbibliothek München (siehe Literaturverzeichnis).

17.5 Zum Zweck und zum Druckjahr des „Astronomischen Kalenders“ für 1448

Unsere Schlußfolgerungen über die Ephemeriden im „Astronomischen Kalender“ (AK) für 1448 (Kapitel 17.4.2) werfen leider kein neues Licht auf die Frage nach dem Bestimmungszweck und dem Druckjahr des AK. Beide Fragen sind in der Literatur kontrovers diskutiert worden.

Nach Zedler (1902) handelt es sich bei den beiden Wiesbadener Fragmenten (zwei Teil-Blätter) um zusammen ein Drittel eines großen Einblattdruckes. Die beiden Teil-Blätter mit den Monaten Januar bis April waren übereinander angeordnet und bildeten zusammengeklebt eine Kolumne des Gesamtdruckes. Der gesamte Druck war dann vermutlich aus drei solcher Kolumnen (für je vier Monate) zusammengeklebt, die seitlich nebeneinander angeordnet wurden. Der vollständige Druck war nach Wehmer (1948, S. 13) ca. 75 cm breit und 65 cm hoch, war also ziemlich groß („Plakat-Format“). Die farbigen Initialen und Rubrikzeichen waren handgemalt. Zedler hält das Blatt für einen astronomischen Kalender (in weitestem Sinne). Als Kalender für 1448 hätte das Blatt dann spätestens 1447 gedruckt worden sein müssen. Zedler sieht Gutenberg selbst als den Drucker und Mainz als den Druckort an. Gutenberg war zu einem unbekannten Zeitpunkt zwischen 1444 und 1448 aus Straßburg nach Mainz zurückgekehrt. Die zum Druck benutzten Lettern stellen für Zedler die älteste bekannte Gutenberg-Type dar.

Bauschinger (in Zedler (1902, S. 9)) „glaubt, daß entweder das eigentliche Calendarium sich auf einem zweiten Blatte befunden habe, zu dem das vorhandene die astronomische Ergänzung bildete, oder daß der Druck als Ergänzung zu den sogenannten immerwährenden Kalendern gedient habe“. Zedler hält die zweite Möglichkeit für die wahrscheinlichere.

Zedlers Annahme eines frühen Drucktermins (um 1447) wurde vom Berliner Bibliothekar und späteren Bibliotheksdirektor, dem Gutenberg-Experten Paul Schwenke (1853-1921) unterstützt.

Wehmer (1948) und einige andere Autoren vor ihm widersprechen dagegen Zedler. Sie datieren den Druck des AK ungefähr in das Jahr 1458. Ihre Argumente beruhen weitgehend auf einem typologischen Vergleich der im AK benutzten Lettern mit denen in anderen Drucken aus dieser Zeit. Den angenommenen, relativ späten Drucktermin von ca. 1458, erst ca. zehn Jahre nach dem Jahr 1448, für den der Inhalt des AK gilt, erklärt Wehmer dadurch, daß der AK in Wahrheit eine astrologische Planetentafel für Laienastrologen gewesen sei. Diese Auffassung zum Zweck des AK versucht Stegemann (1948) in einer Begleitveröffentlichung zu Wehmers Arbeit durch eine detaillierte Beschreibung einer denkbaren Anwendung des AK zur einfachen Aufstellung von Horoskopen zu stützen. Dabei werden zyklische Fortsetzungen der im AK für

1448 gegebenen Planetenpositionen verwendet ¹¹⁰. Stegemann schätzt, daß diese Methode für ca. 30 Jahre ab 1448 für Horoskope hinreichend brauchbar gewesen sei.

Dagegen unterstützt Zinner (1968, S. 16) die Auffassung Zedlers, daß der AK für 1448 um 1447 gedruckt sei. Zinner ist der Überzeugung, daß der junge Regiomontanus (Johannes Müller aus Königsberg in Bayern (Franken), 1436-1476) das Erscheinen des AK für 1448 zum Anlaß genommen hat, um seinerseits mit Hilfe der Alfonsinischen Tafeln eine tägliche Ephemeride der Planeten für das Jahr 1448 zu berechnen. Diese Ephemeride von Regiomontanus für 1448 (siehe Kapitel 17.6) ist zusammen mit seinen Jahrbüchern für 1449 bis 1463 als Handschrift in der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien überliefert (Codex. Vin. 4988: Ephemerides ab anno 1448 usque ad 1463). Allerdings bleibt ungewiß, wann Regiomontanus sein Jahrbuch für 1448 tatsächlich berechnet hat. Nach Zinners Meinung (1968, S. 13-15) hat Regiomontanus das bereits als Zwölfjähriger an der Universität Leipzig 1448/49 getan. Das Manuskript zeige auch seine damals noch „sehr kindlichen Schriftzüge“.

Warum wurde der „Astronomische Kalender“ gerade für das Jahr 1448 gedruckt? Es gibt dafür mindestens vier Möglichkeiten:

(1) Die entsprechenden Kalender für andere Jahre (z.B. für 1449 ff) sind nur nicht überliefert. Das ist zwar möglich, aber eher unwahrscheinlich, wenn zwei separate Fragmente, beide für 1448, an weit von einander entfernten Orten in Deutschland und in Polen als makuliertes Material aufgefunden werden, sonst aber nirgends andere Jahrgänge.

(2) Der Absatz des „Astronomischen Kalenders“ erfüllte nicht die wirtschaftlichen Erwartungen des Druckers bzw. des Auftraggebers, und der Druck des AK wurde daher nach nur einem Jahrgang eingestellt.

(3) Das Jahr 1448 hatte in astronomisch-astrologischer Sicht eine besondere Bedeutung, z.B. als bequemes Startjahr für Kalenderberechnungen aufgrund zu benutzender Periodizitäten (im Sinne von immerwährenden Kalendern). Dafür haben wir aber keinerlei Hinweise gefunden.

¹¹⁰Für die Positionen der Sonne, des Mondes und der äußeren Planeten Mars, Jupiter und Saturn schlägt Stegemann als eine Näherung, die ihm für Horoskope ausreichend erscheint, die lineare Extrapolation der ekliptischen Länge $l(t)$ mit der Zeit t unter Benutzung der langfristig gemittelten Geschwindigkeit $\langle dl/dt \rangle$ (z.B. für den Mars $\langle dl/dt \rangle = 191^\circ/\text{Jahr}$) vor, wobei die im AK gegebenen Längen als Startwerte dienen sollten. Für die inneren Planeten Merkur und Venus, bei denen diese Methode versagt, sollte als grobe Näherung die jeweilige Position der Sonne verwendet werden. Der Fehler in l kann dann allerdings wegen der Elongation für den Merkur bis zu 28° (ca. ein Tierkreiszeichen) und für die Venus bis zu 48° (deutlich mehr als ein Tierkreiszeichen) betragen. Einen für uns sehr erstaunlichen Fehler begeht Stegemann (1948, S. 50, Fußnote 1), indem er Bauschinger und das Berliner Astronomische Rechen-Institut nach Potsdam versetzt!

(4) In das Jahr 1448 fiel mindestens ein bedeutendes Ereignis, für dessen astrologische Interpretation viele Menschen ein Horoskop erstellen wollten.

Uns ist für 1448 nur ein herausragendes Ereignis bekannt. Am 14. Juli 1448 wurde in Heidelberg der Wittelsbacher Pfalzgraf Philipp geboren (später der Aufrichtige oder der Edelmütige genannt, Kurfürst von 1476 bis 1508). Seine Eltern waren der Kurfürst von der Pfalz, Ludwig IV., der Sanftmütige, und Margarethe von Savoyen. Sie hatten wegen ihrer Kinderlosigkeit 1447 extra eine Wallfahrt zum Grab des heiligen Philipp von Zell unternommen (Zell in der Nähe von Worms gehörte zum Erzbistum Mainz), was diesen Heiligen zu einem weithin bekannten (weil scheinbar sehr wirksamen) Nothelfer bei Kinderlosigkeit machte. Zu den wichtigsten Gefolgsleuten der Pfälzer Kurfürsten gehörten die Erbschenken von Erbach im Odenwald. Aus diesem adeligen Geschlecht stammte der damals amtierende Erzbischof von Mainz, Dietrich Schenk von Erbach (1390-1459, Erzbischof seit 1434). Man könnte sich vorstellen, daß Dietrich Schenk von Erbach wegen der Verbindung seiner Familie zu den Pfälzer Kurfürsten die Geburt des Erbfolgers Philipp in der Öffentlichkeit als besonders wichtig herausstellte und daß Gutenberg daher den AK für dieses Jahr 1448 in Mainz druckte. Dazu würde die von Zinner (1964, S. 1) geäußerte Vermutung passen, daß die aufwendig gestalteten, auf Pergament gedruckten und mit farbigen, handgemalten Initialen versehenen Wiesbadener Exemplare des AK als ein Geschenk für einen Fürsten bestimmt waren. Zum Beispiel könnte Gutenberg Exemplare des AK dem Mainzer Erzbischof Dietrich Schenk von Erbach überreicht haben, damit dieser einige davon an den Heidelberger Hof verschenken konnte. Aber das ist spekulativ.

17.6 Der „Astronomische Kalender“ für 1448 und das Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus

Wir haben bereits im vorigen Kapitel 17.5 das astronomische Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus¹¹¹ erwähnt. Wir wollen jetzt untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen diesem Jahrbuch (im Folgenden abgekürzt als „AJReg“) und dem „Astronomischen Kalender“ (AK) für 1448 besteht und wie gut die Ephemeriden im AJReg mit denen aus den Alfonsinischen Tafeln (AT) berechneten übereinstimmen.

17.6.1 Beschreibung des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus

Das astronomische Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus ist nur als Handschrift überliefert. Das Manuskript stellt einen Teil des Codex Vin. 4988, der sich in der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien befindet, dar. Der erste Teil des Codex (Ephemerides ab anno 1448 usque ad 1463) enthält auf den Blättern 1 bis 188 astronomische Jahrbücher, die Regiomontanus vermutlich selbst berechnet und niedergeschrieben hat. Die 24 Seiten mit den Nummern 1r bis 12v enthalten das Jahrbuch für 1448 sowie einige Horoskop-Zeichnungen. Es folgen dann das Jahrbuch für 1451 und die Jahrbücher für 1453 bis 1462. Eine ausführliche Beschreibung dazu findet man bei Zinner (1968, S. 297/298).

Das AJReg für 1448 enthält in den beiden ersten Spalten jeder Seite ein Kalendarium für die Monate Januar bis Dezember 1448 (gegebenenfalls mit dem Namen des Festes in Spalte 1 und stets mit der Tageszahl in Spalte 2). In den weiteren Spalten folgen die ekliptischen Längen von Sonne, Mond, Saturn, Jupiter, Mars, Venus, Merkur und des aufsteigenden Mondknotens (siehe Fig. 60). Das gesamte Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus zeigen wir als Scan in Kapitel 8 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

Die Längen im AJReg sind bezogen auf den Anfang des jeweils genannten Tierkreiszeichens. Zur Umrechnung auf ekliptische Längen, die einheitlich vom Frühlingspunkt gerechnet werden, kann unsere Tabelle in Kapitel 17.1.3 dienen. Das AJReg gibt die Längen im Format „Bogengrad und Bogenminuten“. Die alte Schreibweise der Ziffern ist für uns heute etwas gewöhnungsbedürftig¹¹².

Das Jahr, für das das Jahrbuch gilt, ist im vorliegenden Falle auf dem eigentlichen Manuskript nicht angegeben. Nur das eventuell erst später verfaßte

¹¹¹Regiomontanus, i.e. Johannes Müller, (1436-1476) aus Königsberg (Zusatz bis 1920: „in Franken“, danach: „in Bayern“). Biographien von Regiomontanus: siehe z.B. Zinner (1968) und Mett (1996)

¹¹²Besonders fehleranfällig ist die Lesung der alten 5, die einer heutigen 4 ähnelt

Vorblatt (Seite 1r, siehe Scan im Supplement) enthält die Jahresangabe 1448. Anhand der enthaltenen astronomischen Ephemeriden ist das AJReg aber eindeutig als für das Jahr 1448 gültig zu datieren.

Jannazius

		Sol	luna	Sat ²	imp ²	ma ²	Veng	u ²	Cap ²	Ant ²
		Cap ²	Scorp	Leo	Libra	Libra	aq ²	Cap ²	Ant ²	
Cintra	1	19 43	12 13	21 20	23 9	29 32	18 28	24 20	0 40	
	2	20 42	21 20	31 23	12 0	3 18	41 21	1 0	40	
	3	21 44	12 13	21 23	19 0	32 18	28 28	40 0	21	
	4	22 46	20 28	31 23	22 1	4 18	21 0	21 0	20	
	5	23 48	11 10	21 28	23 20	1 36	18 30	2 30	20	
Spiph	6	24 49	24 43	21 24	23 32	2 18	30 2	12 0	31	
Vale	7	26 0	10 39	21 21	23 38	2 38	18 23	4 48	32	
Charon	8	21 1	24 21	21 11	23 42	3 9	18 16	1 22	31	
	9	28 2	10 11	21 13	23 46	3 20	18 9	2 0	28	
	10	29 2	20 44	21 9	23 40	2 12	18 2	11 0	24	
	11	0 4	8 40	21 4	23 43	2 22	11 31	12 40	22	
	12	1 6	22 48	21 1	23 46	4 12	11 0	12 29	18	
Det op	13	2 1	6 11	26 41	23 49	4 23	15 29	16 8	14	
	14	3 8	19 22	26 43	24 2	6 12	14 41	11 0	11	
	15	4 10	1 28	26 29	24 4	6 24	14 22	19 21	1	
Parael	16	4 11	12 13	26 24	24 8	1 16	12 48	20 41	2	
Anchor	17	5 12	26 6	26 21	24 11	1 21	12 32	22 21	0	
	18	1 13	1 48	26 36	24 12	8 18	12 4	23 41	29 41	
	19	8 12	19 26	31 22	14 8	29 13	38 24	21 29	43	
Libani	20	9 14	1 33	26 26	19 9	20 13	11 26	48 29	40	
10 ²	21	10 16	13 24	26 22	20 9	29 12	50 28	14 29	21	
	22	11 11	24 14	26 18	21 10	18 11	29 29	33 29	21	
	23	12 18	1 2	26 13	22 10	11 8	0 41	29 31		
	24	13 19	18 42	26 8	23 11	16 10	26 2	29 32		
Consiop	25	14 20	1 2	26 3	24 11	24 9	22 21	29 30		
	26	15 20	13 9	24 48	24 12	12 8	22 29	21		
	27	16 20	26 8	24 43	26 12	25 8	20 4	21 29	28	
	28	11 21	9 8	24 28	21 13	12 8	8 6	19 29	21	
	29	18 22	22 38	24 23	22 13	11 1	34 1	11 29	18	
	30	19 23	6 1	24 38	22 12	9 1	2 8	14 29	11	
	31	20 23	20 31	24 33	22 30	12 31	6 39	24 29	14	

1v

Fig. 60. Seite 1v des astronomischen Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus.
Ephemeriden für den Monat Januar.
Quelle: Codex 4988 Han der Österreichischen Nationalbibliothek. © ÖNB

17.6.2 Angaben zum Mondknoten im Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus

Neben der Sonne, dem Mond und den fünf Planeten führt das AJReg auch die ekliptische Länge des aufsteigenden Mondknotens auf. Dieses Bahnelement Ω der Mondbahn beschreibt die Lage der Schnittpunktlinie zwischen Mondbahn-Ebene und Ekliptik-Ebene. Im AK wird Ω nicht angegeben. Die Lage des Mondknotens hat sowohl eine astronomische als auch eine astrologische Bedeutung.

Astronomisch ist die Lage des Mondknotens für die Möglichkeit einer Mond- oder Sonnen-Finsternis bei den Syzygien wichtig. Nur wenn Sonne, Erde und Mond bzw. Sonne, Mond und Erde (annähernd) auf einer geraden Linie liegen, kann eine Finsternis eintreten. Diese Bedingung ist ideal erfüllt, wenn Vollmond bzw. Neumond genau im aufsteigenden (oder auch im absteigenden) Knoten der Mondbahn erfolgen. Wegen der Größe der Himmelskörper und der geringen Neigung i der Mondbahn gegen die Ekliptik (nur ca. 5°) reicht es aber aus, wenn die Syzygien wenigstens in der Nähe der Mondknoten eintreten. Der Mondknoten bewegt sich aufgrund von himmelsmechanischen Effekten rückläufig in l mit einer Periode von ca. 18.6 Jahren.

In der Astrologie ist es für die Stellung von Horoskopen wichtig, in welchem Tierkreiszeichen sich der aufsteigende Mondknoten befindet. Die Mondknoten hatten bereits im Altertum eine mythische Bedeutung, weil man zunächst annahm, daß dort ein Drache hause, der bei Finsternissen versuche, Mond oder Sonne zu verschlingen. Daher wird der aufsteigende Mondknoten auch als Drachenkopf (Caput Draconis) bezeichnet. Selbst unser heutiges astronomisches Zeichen Ω für die Länge des aufsteigenden Knotens eines Himmelskörpers erinnert noch entfernt an diese Herkunft. Ursprünglich (und in der Astrologie noch heute) sah es so aus: \oslash .

Der AK nennt nicht den jeweils aktuellen Wert der Länge des Mondknotens. Da das AJReg die Länge des Mondknotens aber (unter der Überschrift „Cap“ in der letzten Spalte) aufführt, vergleichen wir die Werte aus den sonstigen Quellen (AT, AJReg, Modern) in Tabelle 26. Wegener (1905a) gibt zwar in seiner Dissertation keine separate Vorschrift für die Berechnung der Knotenlänge Ω des Mondes. Die Knotenlänge des Mondes wird aber in der Berechnung der ekliptischen Breite b des Mondes benötigt. Ihre Berechnung wird von Wegener daher in seinem Kapitel über die Breite des Mondes (Wegener (1905a, S. 34/35)) erläutert. Benötigt werden dazu die Wegenerschen Tafeln XIII und XIV für die Bewegung des Mondknotens. Wir haben die in Tabelle 26 gegebenen Werte nach den AT-1553 auf diese Weise nach Wegeners Tafeln berechnet. Die modernen Werte von Ω haben wir den „Swiss Ephemeris for the year 1448“ von Dieter Koch and Alois Treindl entnommen, die im Internet verfügbar sind (URL: http://www.astro.com/swiseph/swephe_e.htm). Es handelt sich in allen Fällen um die sogenannte mittlere Länge des Mondknotens.

17.6.3 Vorbereitungen zum Vergleich des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus mit anderen Ephemeriden

Die Ephemeriden im AJReg geben die ekliptischen Längen l in Intervallen von einem Tag. Für welche Uhrzeit gelten sie? Wir gehen davon aus, daß sie für den Beginn (0^h) des angegebenen astronomischen (!) Tages gelten, also für Mittag (12^h) des entsprechenden bürgerlichen Tages.

Dies läßt sich aus einem Vergleich der Daten von Sonne und Mond des AJReg mit denen aus den AT beweisen. Diese beiden Himmelskörper bewegen sich in l dafür hinreichend schnell. Ihre Längen aus dem AJReg stimmen nur dann mit denen aus den AT hinreichend überein, wenn sie für 0^h astronomischer Zeit gelten. Von den Werten für 0^h bürgerlicher Zeit weichen sie viel stärker ab.

Für welchen Ort gilt das AJReg für 1448? Nach Zinner (1968) hat Regiomontanus dieses Jahrbuch bereits als 12-jähriger Student in Leipzig berechnet. Am 15. April 1450 wurde Regiomontanus an der Universität Wien immatrikuliert. Als weitere Orte könnten Mainz oder Nürnberg erwogen werden.

Die Differenzen in den geographischen Längen λ zu Toledo betragen nach den AT-1553, ausgedrückt im Zeitmaß:

Leipzig (Lips): $\Delta\lambda = + 1^h 34^m$;

Wien (Viena panonie): $\Delta\lambda = + 1^h 39^m$;

Mainz (Moguntia): $\Delta\lambda = + 1^h 09^m$;

Nürnberg (Nurenberga): $\Delta\lambda = + 1^h 24^m$.

Die Angaben in älteren Ausgaben der AT unterscheiden sich von diesen Werten nur um wenige Zeitminuten. Wir benutzen im Folgenden für den Gültigkeitsort des AJReg den Wert für Leipzig, $\Delta\lambda = + 1^h 34^m$. Der Unterschied zu Wien (5 Zeitminuten) und den anderen genannten Orten fällt für unsere Vergleiche nicht ins Gewicht. Die Uhrzeit im AJReg interpretieren wir als mittlere Ortszeit am AJReg-Ort im Sinne der AT, also als MOZ(AT).

Wir vergleichen in den Tabellen 23 bis 26 die im AJReg gegebenen ekliptischen Längen mit denen im AK, mit solchen aus den AT und mit modernen Ephemeriden, alle gültig für den Ort des AK. Als Zeitpunkte haben wir die acht Termine in den Fragmenten des AK gewählt, die von Januar bis April 1448 reichen.

Für die Längendifferenz des AK-Orts gegenüber Toledo benutzen wir, wie früher begründet (siehe Kapitel 17.3.2), den Wert $\Delta\lambda = + 0^h 56^m$.

Für den Vergleich muß man nach dem oben Gesagten die Zeit nach dem AK folgendermaßen in die Zeit nach dem AJReg umrechnen:

$$\begin{aligned}
&\text{Zeitpunkt für AJReg} = \\
&\quad \text{Zeitpunkt im AK} \\
&\quad - 12^h \text{ (wegen der Umrechnung von bürgerlicher in astron. Zeit)} \\
&\quad + 1^h 34^m \text{ (wegen der Längendifferenz des AJReg-Orts zu Toledo)} \\
&\quad - 0^h 56^m \text{ (wegen der Längendifferenz des AK-Orts zu Toledo)} \\
&= \text{Zeitpunkt im AK} - 11^h 22^m .
\end{aligned}$$

Beispiel: Der Zeitpunkt im AK vom 6. Januar um 10^h entspricht folgendem Zeitpunkt im AJReg: 5. Januar, $22^h 38^m$.

Da die Längen im AJReg jeweils für den Tagesbeginn (0^h) angegeben sind, müssen wir die Werte für die aus den AK-Zeiten folgenden AJReg-Zeiten durch Interpolation¹¹³ zwischen den benachbarten Tagesanfängen im AJReg bestimmen. Beispiel: Sonnenlängen am 5. Januar, 0^h im AJReg: $23^\circ 58'$ im Capricornus, und am 6. Januar, 0^h im AJReg: $24^\circ 59'$; Interpolation für den 5. Januar, $22^h 38^m$ führt auf $24^\circ 55'.5$. Dieser Wert muß dann noch auf den Frühlingspunkt umgerechnet werden (Capricornus (Steinbock) $+270^\circ$) und in Dezimalbruchteile des Grades verwandelt werden. Ergebnis: Sonnenlänge nach AJReg am 6. Januar, 10^h (AK-Zeit): $294^\circ.925$.

17.6.4 Vergleich der ekliptischen Längen im Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus mit anderen Ephemeriden

In den Tabellen 23 bis 26 vergleichen wir ekliptische Längen l aus dem Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus (AJReg) mit entsprechenden Angaben des „Astronomischen Kalenders“ (AK) für 1448, mit aus den Alfonsinischen Tafeln (AT) berechneten Werten und mit modernen Ephemeriden. Als Zeitpunkte benutzen wir die acht im AK genannten Termine.

Vergleich der ekliptischen Längen des AJReg mit den AT für die Sonne:

Die ekliptischen Längen im AJReg für die Sonne (Tabelle 23, oberer Teil) stimmen mit den aus den AT-1553 berechneten hervorragend überein. Die Differenzen AJReg minus AT in l betragen nur wenige Tausendstel Grad. Die Streuung dieser Differenzen beträgt $0^\circ.011$.

Zwischen den Längen besteht ein systematischer Unterschied:

Mittelwert der Differenzen $\text{AJReg} - \text{AT} = +0^\circ.007 \pm 0^\circ.003$ für $n = 8$.

Zur Deutung des von Null verschiedenen Mittelwertes (als Verbesserung der angenommenen geographischen Länge λ des AJReg-Ortes) siehe weiter unten.

¹¹³Für die Sonne und die Planeten interpolieren wir linear. Für den Mond verwenden wir ein kubisches Interpolationsverfahren, das vier Stützstellen benutzt.

Gegenüber dem obigen Mittelwert streuen die Differenzen nur noch um $0^{\circ}.007$. Dieser Wert ist schon allein durch die Rundung der Werte im AJReg auf ganze Bogenminuten erklärbar ($0'.5$ entsprechen $0^{\circ}.008$).

Vergleich der ekliptischen Längen des AJReg mit den AT für den Mond:

Die ekliptischen Längen im AJReg für den Mond (Tabelle 23, unterer Teil) stimmen mit den aus den AT-1553 berechneten ebenfalls gut überein. Die Differenzen AJReg minus AT in l betragen nur wenige Hundertstel Grad. Die Streuung dieser Differenzen beträgt $0^{\circ}.12$.

Zwischen den Längen besteht ein systematischer Unterschied:

Mittelwert der Differenzen $\text{AJReg} - \text{AT} = +0^{\circ}.115 \pm 0^{\circ}.013$ für $n = 8$.

Zur Deutung des hier signifikant von Null verschiedenen Mittelwertes (als Verbesserung der angenommenen geographischen Länge λ des AJReg-Ortes) siehe weiter unten.

Gegenüber dem obigen Mittelwert streuen die Längendifferenzen nur noch um $0^{\circ}.03$ (also viel weniger als die direkten mit $0^{\circ}.12$). Dieser Wert für die Mondlängen ist aber nur teilweise durch die Rundung der Werte im AJReg auf ganze Bogenminuten erklärbar ($0'.5$ entsprechen $0^{\circ}.01$). Unsere Berechnungen der Mondlängen nach Wegeners umgerechneten AT-1553 erfolgten mit drei Stellen nach dem Komma und können daher kaum Rundungsfehler beitragen. Beim Mond ist die Tafelweite im AJReg von einem ganzen Tag allerdings relativ groß im Verhältnis zur Bewegung des Mondes (1 synodischer Monat = 29.5 Tage). Trotz unserer kubischen Interpolation im AJReg könnte das zu Fehlern in den Längen aus dem AJReg beitragen.

Vergleich der ekliptischen Längen des AJReg mit den AT für die Planeten und den Mondknoten:

Die ekliptischen Längen im AJReg für die Planeten und den Mondknoten (Tabellen 24 bis 26) stimmen mit den aus den AT-1553 berechneten hervorragend überein:

Alle sechs Mittelwerte der Differenzen (im Sinne von AJReg minus AT) sind insignifikant:

Merkur:	$-0^{\circ}.03 \pm 0^{\circ}.03$	Streuung der Differenzen:	$0^{\circ}.08$
Venus:	$+0^{\circ}.03 \pm 0^{\circ}.06$	Streuung der Differenzen:	$0^{\circ}.16$
Mars:	$-0^{\circ}.01 \pm 0^{\circ}.02$	Streuung der Differenzen:	$0^{\circ}.06$
Jupiter:	$-0^{\circ}.02 \pm 0^{\circ}.02$	Streuung der Differenzen:	$0^{\circ}.03$
Saturn:	$-0^{\circ}.03 \pm 0^{\circ}.02$	Streuung der Differenzen:	$0^{\circ}.06$
Mondknoten:	$+0^{\circ}.01 \pm 0^{\circ}.01$	Streuung der Differenzen:	$0^{\circ}.02$

Tabelle 23
Vergleich der ekliptischen Längen l im Jahr 1448 für Sonne und Mond.
Daten in den Fragmenten des AK und
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553
verglichen mit Daten aus dem Jahrbuch von Regiomontanus

Körper	Fragment (AK)	AT-1553 (umge- rechnete)	Regio- montanus	Moderne Epheme- riden
Datum 1448	l [°]	l [°.]	l [°.]	l [°.]
Sonne				
6. Jan.	295°	294°.919	294°.925	294°.56
21. Jan.	(310° e)	309°.902	309°.912	309°.50
4. Feb.	325°	324°.828	324°.835	324°.40
19. Feb.	340°	339°.929	339°.936	339°.49
5. März		354°.095	354°.088	353°.68
20. März	9°	9°.317	9°.335	8°.94
3. April		23°.022	23°.023	22°.69
19. April		38°.101	38°.117	37°.82
Mond				
6. Jan.	295°	294°.87	295°.03	294°.76
21. Jan.	130°	129°.16	129°.27	129°.00
4. Feb.	325°	325°.31	325°.39	325°.01
19. Feb.	160°	159°.44	159°.56	159°.10
5. März		353°.02	353°.10	352°.47
20. März	189°	189°.21	189°.38	188°.72
3. April		23°.04	23°.12	22°.50
19. April		218°.84	218°.96	218°.35

e: Diese Länge der Sonne ist aus der im Fragment angegebenen Länge des Mondes
erschlossen: $l_{\text{Sonne}} = l_{\text{Mond}} + 180^\circ$.

Tabelle 24
Vergleich der ekliptischen Längen l im Jahr 1448 für Merkur und Venus.
Daten in den Fragmenten des AK und
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553
verglichen mit Daten aus dem Jahrbuch von Regiomontanus

Körper Datum 1448	Fragment (AK) l [°]	AT-1553 (umge- rechnete) l [°.]	Regio- montanus l [°.]	Moderne Epheme- riden l [°.]
Merkur				
6. Jan.	303°	304°.16	304°.13	303°.1
21. Jan.	326°	327°.85	327°.73	327°.1
4. Feb.	340° R	340°.86 nR	340°.83 nR	332°.5 R
19. Feb.	331° R	331°.29 R	331°.31 R	320°.1 R
5. März	327°	327°.49	327°.58	326°.0
20. März		345°.48	345°.32	344°.7
3. April	8°	9°.58	9°.56	7°.9
19. April	38°	38°.94	38°.94	39°.6
Venus				
6. Jan.	317° R	318°.49 R	318°.51 R	319°.3 R
21. Jan.	311° R	312°.36 R	312°.74 R	313°.0 R
4. Feb.	304° R	305°.21 R	305°.00 R	305°.2 R
19. Feb.	304°	305°.48	305°.51	304°.8
5. März		312°.42	312°.43	311°.5
20. März	323°	324°.35	324°.35	323°.4
3. April	336°	337°.49	337°.54	336°.5
19. April	353°	353°.47	353°.44	352°.4

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd).

Siehe hierzu auch Erläuterung unter Tabelle 17.

nR = nicht R: Die Bewegung ist nicht retrograd, sondern direkt. Nur angegeben, wenn das
Fragment eine retrograde Bewegung (R) anführt.

Tabelle 25

Vergleich der ekliptischen Längen l im Jahr 1448 für Mars und Jupiter.

Daten in den Fragmenten des AK und

Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553

verglichen mit Daten aus dem Jahrbuch von Regiomontanus

Körper Datum 1448	Fragment (AK) l [°]	AT-1553 (umge- rechnete) l [°.]	Regio- montanus l [°.]	Moderne Epheme- riden l [°.]
Mars				
6. Jan.	211°	212°.13	212°.09	213°.2
21. Jan.		219°.66	219°.66	220°.7
4. Feb.	225°	226°.70	226°.71	227°.7
19. Feb.	232°	233°.21	233°.22	233°.9
5. März	237°	238°.27	238°.30	238°.8
20. März	241°	242°.34	242°.38	242°.4
3. April	243°	244°.30	244°.13	243°.7
19. April	242° R	243°.59 R	243°.61 R	242°.3 R
Jupiter				
6. Jan.	202°	203°.55	203°.57	204°.7
21. Jan.	203°	204°.31	204°.33	205°.6
4. Feb.	204°	204°.46 R	204°.44 R	205°.7 R
19. Feb.	R	203°.92 R	203°.90 R	205°.2 R
5. März	202° R	202°.80 R	202°.77 R	204°.1 R
20. März	200° R	201°.10 R	201°.08 R	202°.4 R
3. April	198° R	199°.31 R	199°.31 R	200°.6 R
19. April	196° R	197°.47 R	197°.39 R	198°.7 R

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd).

Siehe hierzu auch Erläuterung unter Tabelle 17.

nR = nicht R: Die Bewegung ist nicht retrograd, sondern direkt. Nur angegeben, wenn das Fragment eine retrograde Bewegung (R) anführt.

Tabelle 26
Vergleich der ekliptischen Längen l im Jahr 1448 für Saturn
und Mondknoten.

Daten in den Fragmenten des AK und
Daten nach Wegeners umgerechneten AT-1553
verglichen mit Daten aus dem Jahrbuch von Regiomontanus

Körper / Bahnelement Datum 1448	Fragment (AK) l [°]	AT-1553 (umge- rechnete) l [°.]	Regio- montanus l [°.]	Moderne Epheme- riden l [°.]
Saturn				
6. Jan.	146° R	147°.42 R	147°.42 R	146°.5 R
21. Jan.	145° R	146°.39 R	146°.39 R	145°.5 R
4. Feb.	144° R	145°.20 R	145°.18 R	144°.3 R
19. Feb.	143° R	143°.91 R	143°.92 R	143°.1 R
5. März	142° R	142°.95 R	142°.89 R	142°.1 R
20. März	R	142°.08 R	141°.99 R	141°.3 R
3. April	140° (R?)	141°.50 R	141°.51 R	140°.9 R
19. April	140° R	141°.59 nR	141°.40 nR	140°.9 nR
Mondknoten				
6. Jan.		0°.57	0°.62	0°.60
21. Jan.		359°.80	359°.78	359°.82
4. Feb.		359°.01	359°.02	359°.03
19. Feb.		358°.22	358°.22	358°.23
5. März		357°.47	357°.47	357°.48
20. März		356°.64	356°.66	356°.67
3. April		355°.90	355°.89	355°.92
19. April		355°.07	355°.08	355°.08

R: Die Bewegung des Planeten ist am Himmel rückläufig (retrograd).
Siehe hierzu auch Erläuterung unter Tabelle 17.

nR = nicht R: Die Bewegung ist nicht retrograd, sondern direkt. Nur angegeben, wenn das
Fragment eine retrograde Bewegung (R) anführt.

Ein großer Teil der Streuungen bei den Planeten und dem Mondknoten ist sicher durch die mehrfachen Rundungen auf $0^\circ.01$ in Wegeners umgerechneten AT-1553 und durch die Rundungen im AJReg auf $1'$ ($0'.5$ entsprechen $0^\circ.01$) hervorgerufen. Für einige besonders große Differenzen ist aber wohl das AJReg verantwortlich, z.B. für die Differenz von $+0^\circ.38$ in l bei der Venus am 21. Januar. Ein Indiz dafür ist, daß sich im AJReg die aufeinanderfolgenden täglichen Differenzen im Zeitraum vom 17. bis zum 23. Januar ($-27'$, $-26'$, $-27'$, $-41'$, $-41'$, $-41'$) nicht gleichmäßig ändern, sondern am 20. Januar einen Sprung von einem fast konstanten Wert ($-27'$) auf einen anderen konstanten Wert ($-41'$) machen (siehe Fig. 60).

Bestimmung der geographischen Länge des AJReg-Ortes:

Die Mittelwerte der Differenzen der Längen des Mondes im AJReg weichen von denen nach den AT signifikant ab. Der gleiche Effekt tritt (in abgeschwächter Form) bei der Sonne auf. In beiden Fällen ist der Mittelwert positiv. Das bedeutet wegen der stets direkten Bewegung von Mond und Sonne, daß wir die Längen aus dem AJReg zu einem zu späten Zeitpunkt entnehmen.

Zu welchem Zeitpunkt würden die Differenzen verschwinden? Wir behandeln zunächst die Sonne. Sie bewegt sich in den ersten vier Monaten des Jahres nach den AT im Mittel in l um $0^\circ.985$ pro Tag bzw. um $0^\circ.000689$ pro Zeitminute. Der Mittelwert der Differenzen der Sonnenlängen von $+0^\circ.007 \pm 0^\circ.003$ entspricht daher einer Zeitkorrektur Δt für den AJReg-Zeitpunkt t von $\Delta t = \Delta l / (0^\circ.000689 \text{ pro Zeitminute}) = -10 \pm 4$ Zeitminuten.

Der Mond bewegt sich in der Nähe der AK-Zeitpunkte nach den AT im Mittel in l um $13^\circ.3$ pro Tag bzw. um $0^\circ.00922$ pro Zeitminute. Der Mittelwert der Differenzen der Mondlängen von $+0^\circ.115 \pm 0^\circ.013$ entspricht daher einer Zeitkorrektur Δt für den AJReg-Zeitpunkt t von $\Delta t = \Delta l / (0^\circ.00922 \text{ pro Zeitminute}) = -12.5 \pm 1.4$ Zeitminuten. Diese Zeitkorrektur Δt aus den Mondlängen stimmt also sehr gut mit dem Wert aus den Sonnenlängen überein.

Da sich der Mond mit relativ unterschiedlichen Geschwindigkeiten dl/dt bewegt, ist es besser, die Korrekturen Δt für jeden der acht Zeitpunkte individuell mit dem jeweiligen Wert von dl/dt zu bestimmen und erst dann die so erhaltenen Werte von Δt zu mitteln. Man erhält dann als Zeitkorrektur $\Delta t = -12.6 \pm 1.5$ Zeitminuten. Wir verwenden im Folgenden dieses Resultat.

Wir bilden nun aus den Mittelwerten von Δt für Mond und Sonne ein gewichtetes(!) Mittel: $\Delta t = -12.3 \pm 1.4$ Zeitminuten.

Woher stammt die Zeitversetzung Δt um ca. -12 Minuten? Zunächst könnte man von der Größenordnung her an die Zeitgleichung denken. Hier stimmt aber das Vorzeichen nicht. Denn wenn Regiomontanus in seinem Jahrbuch

Wahre Ortszeit WOZ anstelle der von uns angenommenen mittleren Ortszeit MOZ(AT) verwendet hätte, dann müßte die Zeitkorrektur positiv sein. Die Zeitgleichung ZG im Sinne der AT, $ZG(AT) = WOZ - MOZ(AT)$, ist nämlich stets positiv und beträgt im Mittel über die ersten vier Monate des Jahres ungefähr +9 Minuten. Also würde man $\Delta t = \langle ZG(AT) \rangle_{\text{Januar-April}} = +9$ Minuten erwarten. Auch zeigt der Verlauf der individuellen Korrekturen Δt keinerlei Ähnlichkeit mit dem zeitlichen Verlauf der Zeitgleichung im Zeitraum von Januar bis April.

Die plausibelste Erklärung für die gefundene Zeitversetzung Δt ist eine notwendige Korrektur an der von uns zunächst angenommenen geographischen Länge des AJReg-Ortes. Regiomontanus gibt in seinem Jahrbuch für 1448 leider weder den Ort selbst an, für den die Ephemeriden des AJReg gelten sollen, noch die für diesen Ort verwendete geographische Länge λ .

Für die Berechnung der Ephemeriden des AJReg nach den AT benötigt man die benutzte Längendifferenz $\Delta\lambda$ zwischen dem AJReg-Ort und Toledo. In Kapitel 17.6.3 haben wir diese Frage diskutiert und uns für den vorläufigen Wert von $\Delta\lambda = + 1^h 34^m$ entschieden, der ungefähr Leipzig entspricht. Dieser Wert stammt aus der von Regiomontanus selbst veröffentlichten „Tabula regionum“, die in zahlreichen seiner Druckwerke ab 1474 wiedergegeben wird¹¹⁴. Welche geographischen Längen Regiomontanus vor seiner Nürnberger Zeit (d.h. vor 1471) benutzt hat, konnten wir nicht feststellen. Der Wert von $\Delta\lambda$ nach der Tabula Regionum ist identisch mit den Werten von $\Delta\lambda$, die in den verschiedenen Ausgaben der gedruckten AT von 1492 bis 1553 gegeben werden. Die älteste gedruckte AT-Ausgabe von 1483 gibt dagegen (nach Umrechnung auf Zeiteinheiten) für Leipzig $\Delta\lambda = + 1^h 27^m$.

Die von uns bestimmte Zeitkorrektur von $\Delta t = - 12^m.3 \pm 1^m.4$ führt zu einer verbesserten geographischen Längendifferenz des AJReg-Ortes zu Toledo, die Regiomontanus im AJReg für 1448 benutzt hat:

$$\Delta\lambda = + 1^h 34^m - 12^m.3 \pm 1^m.4 = + 1^h 21^m.7 \pm 1^m.4 .$$

Die so gewonnene Kenntnis von $\Delta\lambda$ ermöglicht aber leider noch keine Identifizierung des Ortes, den Regiomontanus gemeint hat. Dazu müßten wir wissen, woher Regiomontanus seine Informationen über geographische Längen hatte.

¹¹⁴Als Beispiele nennen wir Regiomontanus (1474a, Seite hinter dem Monat Dezember im Exemplar der Bayerischen Staatsbibliothek), Regiomontanus (1474b, deutsch: „Tavel der lande und stete“, Seite (13v) hinter dem Monat Dezember („Christmonde“), im Exemplar der Bayerischen Staatsbibliothek) und Regiomontanus (1474c, 3. Seite hinter dem Monat Dezember 1505 im Exemplar der Bayerischen Staatsbibliothek = Seite 435v nach Zinner(1968, S. 299)). Zum deutschen Kalender von Regiomontanus (1474b) siehe Zinner (1937).

Mainz scheidet allerdings als AJReg-Ort aus. Nach der Tabula regionum würde für Mainz $\Delta\lambda = + 1^h 09^m$ gelten, nach den AT-1483 $\Delta\lambda = + 1^h 02^m$. Beide Werte sind mit unserem korrigierten Wert von $\Delta\lambda$ nicht vereinbar.

Wenn man der Tabula regionum vertraut, dann scheiden Leipzig ($\Delta\lambda = + 1^h 34^m$) und Wien ($\Delta\lambda = + 1^h 39^m$) ebenfalls aus. Dagegen wäre Nürnberg ($\Delta\lambda = + 1^h 24^m$) sehr akzeptabel (Differenz nur $2^m.3$ oder $1.6 \sigma^{115}$).

Falls man die AT-1483 benutzt, bleibt Nürnberg ($\Delta\lambda = + 1^h 17^m$) weiterhin der Favorit (Differenz $4^m.7$ oder 3.4σ). Nach dem Wert aus den AT-1483 liegt Wien ($\Delta\lambda = + 1^h 32^m$) zwar näher an dem von uns ermittelten Wert als nach der Tabula regionum, ist aber kaum akzeptabel (Differenz von 7σ). Leipzig wäre bei Verwendung der AT-1483 ($\Delta\lambda = + 1^h 27^m$) mit einer Differenz von $5^m.3$ (oder 3.8σ) zu unserem korrigierten Wert die zweitbeste Wahl (nach Nürnberg).

*Zusammenfassung des Vergleichs der ekliptischen Längen
des AJReg mit dem AK:*

Da das AJReg nur sehr geringfügig von den AT abweicht, können wir hier weitgehend auf unseren Vergleich des AK mit den AT verweisen (Kapitel 17.3.3 und 17.3.4). Nur durch die unterschiedlichen Rundungen ergeben sich minimale Unterschiede.

So stimmen z.B. die ekliptischen Längen aller fünf Planeten im Rahmen der Rundung auf ganze Grad beim Vergleich des AK mit dem AJReg nach der Korrektur für den systematischen Fehler von $-1^\circ.3$ jetzt 29 von 35 Werten perfekt (im Rahmen der Rundung auf ganze Grad) überein, während es beim Vergleich des AK mit den AT 30 von 35 waren (Tabelle 22). Ohne die Korrektur stimmen beim Vergleich von AK mit AJReg nur 3 von 35 Werten perfekt überein (beim Vergleich von AK mit AT: 4).

Beim Vergleich für alle Körper (Sonne, Mond und Planeten) ändern sich die Zahlen bei Benutzung des AJReg statt der AT überhaupt nicht: mit Korrektur 38 perfekte Übereinstimmungen bei 45 Werten, ohne Korrektur nur 12 Übereinstimmungen von 45 (siehe Tabelle 22).

Wegen der viel geringeren Unterschiede der ekliptischen Längen zwischen AJReg und AT im Vergleich zu den Differenzen in Bezug auf eine moderne Ephemeride (siehe Tabellen 23 bis 26), ist ein Vergleich des AJReg mit modernen Ephemeriden entbehrlich. Wir verweisen dafür auf unsere Vergleiche der Daten nach den AT mit modernen Ephemeriden in Kapitel 17.3.

¹¹⁵Einheit 1σ = mittlerer Fehler (hier $1^m.4$)

17.6.5 Vergleich der Syzygien im Anhang des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus mit anderen Ephemeriden

In den Tabellen 27 und 28 vergleichen wir die Zeitpunkte der Syzygien und die ekliptische Länge der Sonne, die im Anhang des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus (AJReg) gegeben sind, mit entsprechenden Angaben des „Astronomischen Kalenders“ (AK) für 1448, mit berechneten Werten aus den Alfonsinischen Tafeln (AT-1553) und mit modernen Ephemeriden.

Der Anhang des AJReg mit den Horoskop-Zeichnungen:

Das eigentliche Jahrbuch endet auf Seite 7r der Handschrift mit der Ephemeride für den Monat Dezember. Auf den Seiten 7v bis 12v folgen dann insgesamt 22 Horoskop-Zeichnungen, je zwei auf einer Seite. Zeitlich reichen sie vom 5. Januar bis zum 30. Juli, überdecken also im Gegensatz zum eigentlichen Jahrbuch nicht das ganze Jahr 1448. Da die Ausfüllung der Horoskop-Zeichnungen ab 10. April (Seite 10r) viel geringer ist als vorher, ist dies vermutlich nicht auf eine fehlende Überlieferung restlicher Blätter zurückzuführen. Nach Zinner (1968, S. 298) sind die Horoskop-Zeichnungen in der Handschrift nachgetragen.

Für uns ist der wahrscheinlich astrologische Zweck der Horoskop-Zeichnungen unwichtig. Dafür ist aber der astronomische Inhalt der Horoskop-Zeichnungen sehr interessant. Darauf hat bereits Zinner (1968, S. 298) hingewiesen. Die Mehrzahl der Horoskop-Zeichnungen enthält eine Ephemeride der Syzygien (Neu- bzw. Vollmond), wobei der Zeitpunkt des Eintritts der Syzygie und die zu diesem Zeitpunkt ermittelte ekliptische Länge der Sonne angegeben werden. Die Ablesung dieser Horoskop-Zeichnungen erklären wir in Fig. 61. Andere Horoskop-Zeichnungen beziehen sich auf den Eintritt der Sonne in ein neues Tierkreiszeichen (z.B. auf Seite 7v unten der Eintritt der Sonne in das Zeichen des Wassermanns (Aquarius) am 10. Januar um $21^h 43^m 22^s$). Diese Zeichen-Eintritts-Zeiten, die überwiegend von astrologischer Bedeutung sind, haben wir hier nicht ausgewertet, obwohl sie auch eine astronomische Information enthalten: Die Sonnenlänge l ist am angegebenen Zeitpunkt relativ zum Beginn des Tierkreiszeichens gleich null (d.h. im obigen Beispiel ist $l = 300^\circ 0' 0''$).

Vergleich der Zeitpunkte der Syzygien des AJReg mit den AT:

In Tabelle 27 vergleichen wir die Zeitpunkte des Eintritts der Syzygien aus dem Anhang des AJReg vor allem mit denen nach den AT. Um den direkten Vergleich der Uhrzeiten, die in den Horoskop-Zeichnungen stehen, mit den anderen Daten zu ermöglichen, haben wir alle anderen Zeitangaben auf MOZ(AT) am AJReg-Ort umgerechnet. Für den AJReg-Ort benutzen wir hier die oben abgeleitete Differenz seiner geographischen Länge zu Toledo von $\Delta\lambda = +1^h 22^m$ (auf Minuten gerundet).

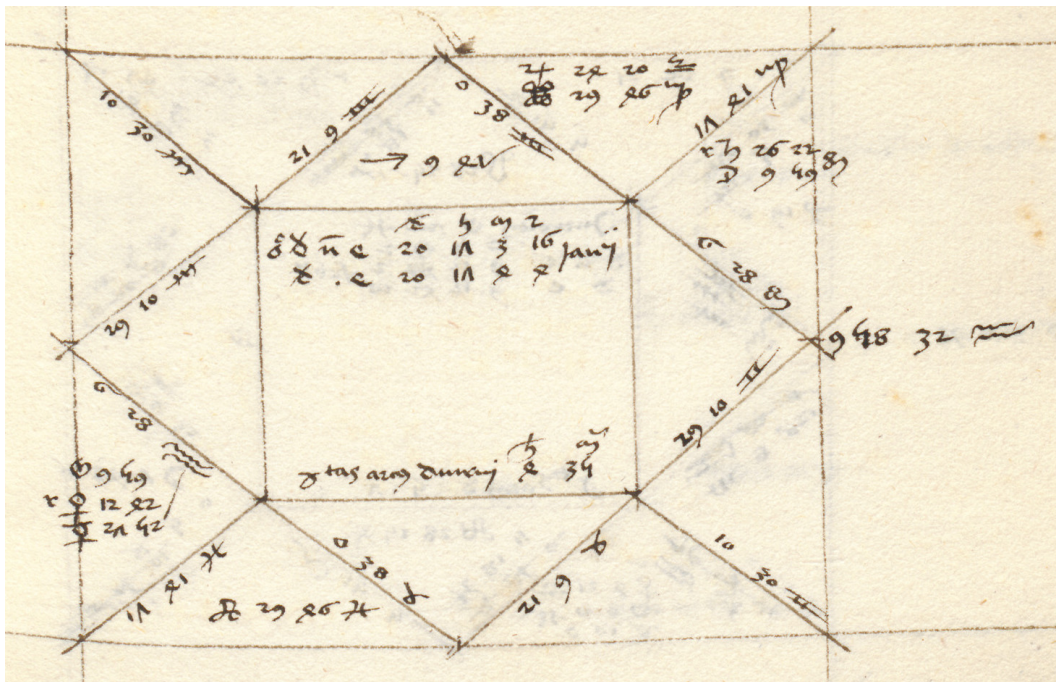


Fig. 61. Oberer Teil der Seite 8r des astronomischen Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus. Ephemeride für den Vollmond am 20./21. Januar (eingebettet in eine Horoskop-Zeichnung). Das Datum in MOZ(AT) für den Vollmond ist im inneren Rechteck oben gegeben. Opposition von Sonne und Mond: $20^d 17^h 3^m 16^s$ Januar. Direkt darunter steht die Uhrzeit in wahrer Ortszeit WOZ: $20^d 17^h 4^m 4^s$. Die ekliptische Länge der Sonne zu diesem Zeitpunkt steht rechts neben der Figur: $9^\circ 58' 32''$ im Tierkreiszeichen des Wassermanns (Aquarius), d.h. $l = 309^\circ.976$. Quelle: Codex 4988 Han der Österreichischen Nationalbibliothek. © ÖNB

Bei den im AJReg gegebenen Uhrzeiten der Syzygien tritt allerdings eine Merkwürdigkeit auf. Wie man in Tabelle 27 sieht, liegen die Sekunden-Angaben aller acht Syzygien von Januar bis April im Bereich von 10^s bis 23^s , mit einer Häufung um ca. 16^s . Eigentlich sollten diese Sekunden-Angaben zwischen 0^s und 59^s zufällig verteilt sein ¹¹⁶. Daß bei einer zufälligen Verteilung acht von acht Sekunden-Angaben innerhalb eines Intervalls von 14^s von möglichen 60^s liegen, hat eine statistische Wahrscheinlichkeit von unter 10^{-5} . Wir vermuten, daß die Bevorzugung eines Bereichs von Sekunden-Werten an der Art liegt, wie Regiomontanus die Uhrzeiten berechnet hat. Eine astronomische Ursache ist kaum möglich.

¹¹⁶Auch die von uns nicht benutzten sieben Syzygien im Zeitraum vom 2. Mai bis zum 30. Juli zeigen im AJReg dieses merkwürdige Verhalten, wenn auch in abgemilderter Form. Die betreffenden Sekunden-Angaben lauten: 17^s, 34^s, 2^s, 28^s, 34^s, 16^s, 16^s. Dagegen zeigen die Sekunden-Angaben für die im AJReg gegebenen sieben Zeitpunkte des Eintritts der Sonne in ein neues Tierkreiszeichen eine relativ gleichmäßige Verteilung. Die geschilderte Merkwürdigkeit in den Sekunden-Angaben des Zeitpunktes der Syzygien im AJReg hat keinen signifikanten Einfluß auf die im nächsten Abschnitt besprochenen Längen l der Sonne bei den Syzygien. Die Sonne bewegt sich im Mittel in l nur um 0°.000011 pro Zeitsekunde.

Tabelle 27

Vergleich von Zeitpunkten für Voll- und Neumond (Syzygien) im Jahr 1448:
 Daten in den Fragmenten des AK verglichen mit
 Daten aus dem AJReg und nach Wegeners umgerechneten AT-1553
 für einen Ort mit $\Delta\lambda = +1^h 22^m$ zu Toledo in astronomischer MOZ(AT)

Datum (bürgerl.)	Tag (astrono- misch)	Fragment des AK (umger.)	Regiomon- tanus (AJReg)	AT-1553 (umg. nach Wegener)	Modern
1448		$t_{aus\ AK}$	$t_{aus\ AJReg}$	$t_{nach\ AT}$	$t_{nach\ AT}$
6. Jan.	5.	$22^h\ 26^m$	$22^h\ 29^m\ 10^s$	$22^h\ 32^m$	$22^h\ 06^m$
21. Jan.	20.	$15^h\ 26^m$	$17^h\ 03^m\ 16^s$	$17^h\ 05^m$	$16^h\ 34^m$
4. Feb.	4.	$9^h\ 26^m$	$8^h\ 33^m\ 23^s$	$8^h\ 35^m$	$8^h\ 24^m$
19. Feb.	19.	$10^h\ 26^m$	$11^h\ 28^m\ 13^s$ ($11^h\ 18^m\ 13^s$) f	$11^h\ 30^m$	$11^h\ 18^m$
5. März	4.	$16^h\ 26^m$	$18^h\ 20^m\ 15^s$	$18^h\ 22^m$	$18^h\ 33^m$
20. März	20.	$3^h\ 26^m$	$3^h\ 38^m\ 20^s$	$3^h\ 40^m$	$3^h\ 54^m$
3. April	3.	$4^h\ 26^m$	$4^h\ 22^m\ 16^s$	$4^h\ 24^m$	$4^h\ 47^m$
19. April	18.	$18^h\ 26^m$	$16^h\ 56^m\ 17^s$	$16^h\ 58^m$	$17^h\ 24^m$

f: Vermutlich ein Schreibfehler von Regiomontanus.

Der korrekte Wert lautet wahrscheinlich $11^h\ 28^m\ 13^s$ statt $11^h\ 18^m\ 13^s$.

Wenn wir die Zeit-Differenzen $\Delta t(\text{AJReg} - \text{AT})$ trotzdem normal auswerten, erhalten wir:

Mittelwert von $\Delta t(\text{AJReg} - \text{AT}) = -1^m 51^s.3 \pm 1^s.3$.

Die Streuung der Differenzen gegen diesen Mittelwert beträgt nur $3^s.7$. Der Wert der Streuung ist deutlich kleiner als man es allein wegen der Rundung der AT-Zeiten auf ganze Minuten erwartet.

Aus dem obigen Mittelwert würde sich eine verbesserte Differenz der geographischen Länge des AJReg-Ortes relativ zu Toledo von

$$\Delta\lambda = +1^h 20^m 08^s.7 \pm 1^s.3$$

ergeben. Das wäre eine drastische Erhöhung der Genauigkeit von $\Delta\lambda$. Wir haben dieses neue Resultat wegen der ungeklärten Merkwürdigkeit in den Sekunden-Angaben des AJReg aber nicht mit den früheren Resultaten aus den Mond- und Sonnenlängen des AJReg verbunden. Beide Werte sind erfreulicherweise voll miteinander verträglich. Eine neue Einsicht hinsichtlich des im AJReg gemeinten Ortes ergibt sich aus dem zumindest formal genaueren Wert von $\Delta\lambda$ nicht.

*Vergleich der ekliptischen Länge der Sonne
zum Zeitpunkt der Syzygien nach dem AJReg und nach den AT:*

In Tabelle 28 vergleichen wir die ekliptischen Längen l der Sonne zum Zeitpunkt des Eintritts der Syzygie. Die ekliptischen Längen der Sonne und des Mondes aus dem AJReg und aus den AT zum jeweiligen Zeitpunkt der Syzygien sind unabhängig vom gewählten Ort, weil die Erfüllung der Syzygien-Bedingung in l ein ortsunabhängiges Ereignis ist. Nur der Zeitpunkt des Eintritts der Syzygie hängt vom Ort ab, wenn man Ortszeit verwendet.

Wenn man in Tabelle 28 die dritte mit der vierten Spalte vergleicht, dann sieht man, daß die Sonnenlängen bei den Syzygien im AJReg mit denjenigen, die wir nach den AT berechnet haben, extrem gut übereinstimmen. Die Unterschiede liegen bei nur wenigen Tausendstel Grad.

Aus den Differenzen für die ekliptische Länge der Sonne ergibt sich:

$$\text{Mittelwert von } \Delta l (\text{AJReg} - \text{AT}) = +0^\circ.001 \pm 0^\circ.001 \quad \text{für } n = 8.$$

Die Abweichung des AJReg von den AT ist also nicht signifikant. Die Streuung der Differenzen $\Delta l (\text{AJReg} - \text{AT})$ beträgt nur $0^\circ.003$. Dieser Wert ist wohl schon allein durch die Rundungen bedingt. Wir finden es außerordentlich bemerkenswert, daß Regiomontanus seine Rechnungen vor über 500 Jahren mit solcher Genauigkeit ausgeführt hat, vor allem, falls Regiomontanus bei der Abfassung des AJReg für 1448 tatsächlich nur zwölf Jahre alt gewesen sein sollte, wie es Zinner (1968) vermutet. Denn für die Berechnung der Längen bei den Syzygien sind im Gegensatz zu den normalen Ephemeriden entweder Iterationen oder spezielle Verfahren („Korrektion“ der mittleren Syzygien) notwendig.

Tabelle 28

Vergleich der ekliptischen Längen l der Sonne im Jahr 1448 zu dem Zeitpunkt des Voll- bzw. Neu-Mondes (Syzygie).
 Längen in den Fragmenten des AK verglichen mit Längen aus dem AJReg und mit nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und nach modernen Daten

Datum 1448	Fragment (AK)	Regiomontanus (AJReg) im AK	Berechnet aus umgerechneten AT-1553	Moderne Epheme- riden
Zeitpunkt:	$t_{aus\ AK}$	t_{AJReg}	$t_{nach\ AT}$	$t_{nach\ AT}$
	$l\ [^\circ]$	$l\ [^\circ.]$	$l\ [^\circ.]$	$l\ [^\circ.]$
6. Jan.	295°	294°.923	294°.923	294°.56
21. Jan.	310°	309°.976	309°.972	309°.57
4. Feb.	325°	324°.793	324°.792	324°.36
19. Feb.	340°	339°.973	339°.972	339°.54
5. März	(Fische, f)	354°.172	354°.175	353°.76
20. März	9°	9°.326	9°.326	8°.95
3. April	($\geq 21^\circ$ a)	23°.021	23°.022	22°.69
19. April	($\geq 36^\circ$ a)	38°.049	38°.042	37°.76

a: Der Rest der (römischen) Zahl ist im Fragment abgeschnitten.

f: Bereich der Fische: 330° bis 360° .

Zeitpunkt $t_{aus\ AK}$: Zeit wie im AK angegeben.

Zeitpunkt $t_{nach\ AT}$: Zeit für Voll- bzw. Neu-Mond aus AT berechnet.

Zeitpunkt t_{AJReg} : Zeit für Voll- bzw. Neu-Mond im AJReg.

17.6.6 Die Quelle der Ephemeriden im Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus

Unsere Analyse der Ephemeriden aus dem Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus (AJReg) bestätigt eindeutig, daß diese auf den Alfonsinischen Tafeln (AT) beruhen. Eine Druckausgabe der AT erschien erst 1483. Regiomontanus muß also eine handschriftliche Ausgabe der AT benutzt haben. Welche das für das AJReg für 1448 war, bleibt offen.

Zinner (1968, S.57 ff) diskutiert ausführlich, welche Tafelwerke Regiomontanus im Laufe der Zeit zur Verfügung standen. Aus einem Brief von Peurbach, geschrieben um 1457, scheint hervorzugehen, daß Regiomontanus zu diesem Zeitpunkt die Tafeln von Bianchini¹¹⁷ bevorzugt hat, während Peurbach selbst mehr an die originalen AT gewöhnt war. Die Bianchinischen Tafeln waren eine zwar in der Form veränderte, aber inhaltlich gleichgebliebene Version der originalen AT. Die Bianchinischen Tafeln wurden 1442 entworfen (Chabás und Goldstein (2009)), aber erst 1452 Kaiser Friedrich III. feierlich überreicht. Ob sie daher Regiomontanus bereits für die Berechnung des AJReg für 1448 zur Verfügung standen, ist fraglich. Seit 1460 verfügte Regiomontanus selbst über eine der seltenen Abschriften der Bianchinischen Tafeln.

Welche Abschriften der AT (oder von daraus abgeleiteten Tafeln) Regiomontanus in Leipzig hätte benutzen können, ist unklar. Überhaupt fragt man sich, ob der junge Anfänger Regiomontanus solche wertvollen Handschriften in Leipzig schon hätte intensiv benutzen dürfen.

17.6.7 Zum möglichen Zusammenhang des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus mit dem „Astronomischen Kalender“ für 1448

Besteht zwischen dem „Astronomischen Kalender“ für 1448 und dem astronomischen Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus ein wie auch immer gearteter Zusammenhang? Dieser Verdacht liegt zunächst nahe, weil das Jahr 1448 in beiden Fällen vergleichsweise singulär dasteht.

Vom „Astronomischen Kalender“ (AK) ist nur die gedruckte Ausgabe für 1448 fragmentarisch überliefert. Natürlich wissen wir nicht, ob alle anderen Jahrgänge dieses Kalenders verloren gegangen sind, wenn es sie denn gab. Das ist aber eher unwahrscheinlich (siehe Kapitel 17.5).

¹¹⁷Giovanni Bianchini (Johannes Blanchinus) wurde vermutlich in der ersten Dekade des 15. Jahrhunderts geboren (1410?) und starb nach 1469

Die Reihe der astronomischen Jahrbücher von Regiomontanus (AJReg) beginnt mit dem Jahr 1448. Diesem ersten seiner Jahrbücher folgt als zweites das Jahrbuch für 1451 erst nach drei Jahren. Es ist ebenfalls als Handschrift im Wiener Codex 4988 enthalten. Dieses zweite Jahrbuch wurde von Regiomontanus sicher in Wien verfaßt, wo er seit April 1450 immatrikuliert war. Das dritte seiner überlieferten Jahrbücher betrifft nach einjähriger Unterbrechung das Jahr 1453. Dann folgen im Codex jährlich die Jahrbücher für 1454 bis 1462 (ab 1460 für jeweils einige Monate unvollständig).

Ein besonderer astronomischer, astrologischer oder geschichtlicher Anlaß für das Jahr 1448 lag zumindest für Regiomontanus nach unserer Kenntnis nicht vor (siehe Kapitel 17.5). Natürlich kann die gleichzeitige Wahl des Jahres 1448 für den AK und das erste AJReg jeweils individuelle, unabhängige Gründe gehabt haben. Dann wäre die gleiche Wahl von 1448 eher zufällig erfolgt.

Zinner (1968, S. 13 ff) schlägt ein Szenarium vor, daß einen ganz engen Zusammenhang zwischen dem AK und dem AJReg für 1448 beinhaltet. Wir haben Ziners Meinung bereits kurz in Kapitel 17.5 referiert. Nach Zinner hat Regiomontanus den gedruckten AK für 1448 als Student in Leipzig kennengelernt und wurde angeregt, die Angaben im AK dadurch nachzuprüfen, daß er selbst ein ganzes astronomisches Jahrbuch für 1448 berechnete. Regiomontanus, geboren am 6. Juni 1436, wäre 1448 erst zwölf Jahre alt gewesen. Zinner hält die frühe Berechnung des AJReg für 1448 trotzdem für möglich und verweist dabei auf die nach seiner Meinung noch „sehr kindlichen Schriftzüge“ im AJReg für 1448. Uns erscheint Ziners Szenarium zwar nicht zwingend. Aber völlig plausible Erklärungen, warum Regiomontanus das AJReg für 1448 erst später (in Wien) und ausgerechnet für dieses Jahr verfaßt haben sollte, kennen wir auch nicht. Falls er das AJReg für 1451 Ende 1450 berechnet hat, wäre er auch erst vierzehn Jahre alt gewesen. In Wien hätte er allerdings nach Zinner kompetentere Unterstützung als in Leipzig gehabt. Vielleicht hat Regiomontanus den AK auch erst in Wien zu sehen bekommen und dann dort den Entschluß zur Berechnung des AJReg für 1448 gefaßt.

Falls Wehmer (1948) recht hat und der AK für 1448 tatsächlich erst ungefähr im Jahr 1458 gedruckt sein sollte (siehe Kapitel 17.5), dann bestände vermutlich überhaupt kein Entstehungs-Zusammenhang zwischen dem AK und dem AJReg für 1448.

Unser Vergleich der astronomischen Daten im AJReg für 1448 mit denen im AK (Kapitel 17.6.4 und 17.6.5) läßt keine Rückschlüsse auf einen inneren Zusammenhang der beiden Werke zu. Zwar basieren die Ephemeriden des AK und des AJReg beide auf den Alfonsinischen Tafeln, unterscheiden sich aber im Detail. Die Daten des AK sind nicht aus dem AJReg für 1448 entnommen, und umgekehrt sind die Daten im AJReg sehr viel zahlreicher als im AK, können also schon von daher nicht von dort stammen.

18 Weitere Vergleiche von Ephemeriden aus den Alfonsinischen Tafeln mit modernen Werten und Zusammenfassung

18.1 Vergleich durch Neugebauer für 1310 bis 1331

P. V. Neugebauer (1905b) war der erste, der einen Vergleich der Ephemeriden aus den umgerechneten Alfonsinischen Tafeln von Wegener (1905a) mit modernen Werten durchführte. Die modernen Werte berechnete Neugebauer aus seinen eigenen „Abgekürzten Tafeln“ (Neugebauer 1904, 1905a). Neugebauers Abgekürzte Tafeln basieren ihrerseits für Sonne und Planeten auf den Tafeln von Leverrier und für den Mond auf den Tafeln von Hansen. Neugebauer hat also nicht die neueren Tafeln von Newcomb benutzt.

Neugebauer wählte für den Vergleich einige Zeitpunkte im Zeitraum von 1310 bis 1331 aus: (a) für Sonne, Merkur, Venus und Mars den Anfang eines jeden Vierteljahres im Jahr 1310; (b) für Jupiter den Anfang eines jeden Vierteljahres in den Jahren 1310, 1313, 1316 und 1319; (c) für Saturn den Anfang eines jeden Vierteljahres in den Jahren 1310, 1317, 1324 und 1331; (d) für den Mond den 1., 7., 16. und 23. Januar 1310. Die Zeitpunkte sind so gewählt, daß sie möglichst fast eine siderische Umlaufperiode des Himmelskörpers überdecken. Die Jahre (von 1310 bis 1331) wurden wohl deshalb ausgesucht, weil Neugebauer vermutete, die Alfonsinischen Tafeln, die in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts entstanden sind, würden am Anfang des 14. Jahrhunderts genauere Ephemeriden liefern als etwa im 15. Jahrhundert.

In den Tabellen 29 und 30 geben wir eine Zusammenfassung der Resultate Neugebauers für die ekliptischen Längen l und die ekliptischen Breiten b . Wir bezeichnen die Differenz zwischen den Werten nach Wegeners umgerechneten AT-1553 und den modernen Daten nach Neugebauers Tafeln mit Δ . Wir geben für Sonne, Mond und Planeten pro betrachtetes Jahr den kleinsten auftretenden Wert von Δ ($\min(\Delta)$), den größten Wert von Δ ($\max(\Delta)$), jeweils unter Berücksichtigung der Vorzeichen, und den quadratisch gemittelten Wert von Δ ($\text{rms}(\Delta)$, root-mean-square value) ¹¹⁸.

Die Übereinstimmung der Werte ist i.A. sehr befriedigend. Für Sonne und Mond sind die Längenwerte sogar erstaunlich gut mit typischen Fehlern in den AT von unter 0.3° . Die größten Abweichungen (von einigen wenigen Grad) treten bei den inneren Planeten Merkur und Venus auf. Nach Neugebauers Werten ist die Genauigkeit der Längen von Mars, Jupiter und Saturn von der Größenordnung $\pm 1^\circ$. Die Genauigkeiten der Breiten b ist in den AT meist besser als die der Längen l .

¹¹⁸Neugebauer gibt in seiner Arbeit die Differenzen im Sinne von „modern minus AT“. Wir haben daher die Vorzeichen der von ihm publizierten Differenzen hier entsprechend geändert.

Tabelle 29

Vergleich von ekliptischen **Längen** l durch Neugebauer:
Differenz Δ zwischen den Werten nach Wegeners umgerechneten AT-1553
und den modernen Daten nach Neugebauers Tafeln

Körper	Jahr	min. (Δ) [°]	max. (Δ) [°]	rms (Δ) [°.]
Sonne	1310	0.0	+0.4	0.3
Mond	1310	+0.1	+0.2	0.2
Merkur	1310	−3.3	+2.0	2.0
Venus	1310	−1.9	+0.8	1.1
Mars	1310	−0.5	+1.2	0.7
Jupiter	1310	+0.6	+1.1	0.9
	1313	+0.7	+1.4	1.0
	1316	−0.5	−0.4	0.5
	1319	−1.0	−0.5	0.8
Saturn	1310	−0.7	−0.4	0.5
	1317	+0.1	+0.6	0.4
	1324	+0.6	+1.0	0.9
	1331	0.0	+0.4	0.2

Tabelle 30
Vergleich von ekliptischen **Breiten** b durch Neugebauer:
Differenz Δ zwischen den Werten nach Wegeners umgerechneten AT-1553
und den modernen Daten nach Neugebauers Tafeln

Körper	Jahr	min. (Δ) [°]	max. (Δ) [°]	rms (Δ) [°.]
Mond	1310	−0.3	+0.2	0.2
Merkur	1310	+0.1	+1.0	0.7
Venus	1310	−0.6	+2.6	1.4
Mars	1310	−1.0	0.0	0.7
Jupiter	1310	−0.2	+0.1	0.1
	1313	−0.3	−0.1	0.2
	1316	−0.1	+0.1	0.1
	1319	+0.2	+0.4	0.3
Saturn	1310	0.0	+0.3	0.2
	1317	0.0	+0.2	0.1
	1324	−0.2	0.0	0.1
	1331	−0.2	0.0	0.1

18.2 Vergleiche durch Gingerich

Gingerich hat zahlreiche Untersuchungen zur Bestimmung der Genauigkeit älterer Ephemeriden durchgeführt (siehe seinen Artikel von 1985 für einen Überblick). Einige davon beziehen sich auf die Alfonsinischen Tafeln (AT). Er zeigt die Resultate meist in Form von Diagrammen, in denen die Abweichung der von den AT vorhergesagten ekliptischen Längen l von modernen Werten als Funktion der Zeit dargestellt wird ¹¹⁹.

Für Merkur findet Gingerich (1993, Fig. 1 auf S. 383), daß der Fehler der AT in den untersuchten Zeitspannen von 1300-1301 und 1555-1556 unregelmäßig zwischen -6° und $+14^\circ$ schwankt, wobei sich der Kurvenverlauf ungefähr alle 348 Tage wiederholt. Diese Periode entspricht drei synodischen Umläufen des Merkur (347.6 Tage). Die Kurve zeigt als typische Fehler Werte von einigen Grad, ohne einen langfristigen systematischen Trend bezüglich der Zeit. Die Extremwerte treten oft in der Nähe der unteren Konjunktion auf, wenn Merkur zwischen Sonne und Erde steht.

Die Fehler der AT für den Planeten Mars untersuchte Gingerich (1993, obere Teile der Fig. 1 auf S. 195) anhand der Ephemeriden von Stöffler und Leovitius, die auf den AT beruhen. Der Vergleich mit Stöffler bezieht sich auf den Zeitraum von 1535 bis 1552, der mit Leovitius auf 1567 bis 1584. Die Kurve der Fehler der AT zeigt hauptsächlich Wellen mit einer Periode von 687 Tagen, der siderischen Umlaufszeit des Mars. Die Amplitude beträgt meist ca. 2° . Die Extremwerte der Fehler schwanken in Spitzen zwischen -4° und $+6^\circ$. Der Kurvenverlauf wiederholt sich ungefähr nach 32 Jahren. Dieser Wert entspricht ziemlich genau sowohl 15 ganzen synodischen Umlaufszeiten des Mars (32.03 Jahren) als auch 17 ganzen siderischen Umlaufszeiten (31.97 Jahren). Dadurch wiederholt sich die Stellung von Sonne, Erde und Mars im Raume nahezu alle 32 Jahre, insbesondere der Abstand des Mars von der Erde bei Opposition. Die stärksten Fehler in den AT treten in der Nähe der Oppositionen auf, und zwar besonders bei denen, bei der der Mars wegen seiner exzentrischen Bahn der Erde relativ nahe kommt und sich dann auch z.T. deutlich retrograd bewegt.

Für die anderen Planeten und die Sonne gibt Gingerich (1993, Fig. 3 auf S. 233) weitere Fehler-Diagramme für die AT. Dazu benutzte er die Ephemeriden von Leovitius, die dieser mit Hilfe der AT berechnet hat:

Im Zeitintervall von 1576 bis 1584 schwankt danach der Fehler der AT für die Längen der Venus unregelmäßig zwischen -3.4° und $+2.0^\circ$.

¹¹⁹Die im folgenden zitierten Diagramme zeigen die Abweichungen offensichtlich als Differenzen im Sinne von „modern minus AT“. Wir geben sie hier aber mit verändertem Vorzeichen als „AT minus modern“ wieder, um die Werte direkt mit unseren Fehlerangaben an anderer Stelle vergleichen zu können.

Die Fehler der AT für Jupiter variieren nach Gingerich in der Zeit von 1579 bis 1591 zwischen -1.8° und $+0.7^\circ$. Dabei gibt es zwei sich überlagernde Wellen: eine lange Welle mit einer Amplitude von ca. 1.0° und einer Periode, die ungefähr der siderischen Umlaufszeit (11.86 Jahre) des Jupiter entspricht, und eine kurze Welle mit einer Amplitude von ca. 0.4° und einer Periode, die ungefähr seiner synodischen Umlaufszeit (1.09 Jahre) entspricht. Im Mittel sind die Längen des Jupiter in den AT um ca. 0.5° zu groß.

Für Saturn variieren die Fehler in den Längen der AT nach Gingerich in der Zeit von 1579 bis 1600 zwischen -0.7° und $+3.0^\circ$. Wie beim Jupiter gibt es auch beim Saturn zwei sich überlagernde Wellen: eine lange Welle mit einer Amplitude von ca. 1.5° und einer Periode, die ungefähr der siderischen Umlaufszeit (29.46 Jahre) des Saturn entspricht, und eine kurze Welle mit einer variierenden Amplitude von im Mittel ca. 0.4° und einer Periode, die ungefähr seiner synodischen Umlaufszeit (1.04 Jahre) entspricht. Im Mittel sind die Längen des Saturn in den AT um ca. 1.5° zu groß.

Für die Sonne findet Gingerich im Zeitintervall von 1576 bis 1584 einen fast sinusförmigen Verlauf des AT-Fehlers innerhalb eines Jahres mit einer Amplitude von knapp 0.3° .

Bei Poulle und Gingerich (1967, S. 547) wird für den Mond ein Bereich der AT-Fehler zwischen -2.3° und $+2^\circ$ angegeben, wobei leider unklar bleibt, auf welchen Zeitraum (vermutlich um 1563) sich diese Zahlen beziehen.

18.3 Zusammenfassung der Vergleiche

Alle besprochenen Vergleiche zwischen den Ephemeriden aus den Alfonsinischen Tafeln (AT) und den modernen Werten zeigen, daß es keine einfache Beschreibung der Fehler der AT, $\Delta(t)$, als Funktion der Zeit t gibt. Die Kurve für $\Delta(t)$ ist für jeden Himmelskörper eine andere. Die verschiedenen Kurven zeigen auch qualitativ kein einheitliches Verhalten. Für die eigentlichen Planeten verläuft $\Delta(t)$ meist unregelmäßig, oft wellenartig. Dabei überlagern sich offenbar Effekte mit verschiedenen Perioden, die zum Teil aus den realen Bewegungen der Himmelskörper stammen, mit anderen, die durch die in den AT benutzten Bahn-Modelle hervorgerufen werden. Gelegentlich gibt es zu gewissen Zeiten ungewöhnlich große Fehler („Spitzen“ in $\Delta(t)$), die meist bei unteren Konjunktionen (bei Merkur und Venus) oder bei Oppositionen (insbesondere beim Mars) auftreten.

Am genauesten ist die Vorhersage der AT für die ekliptischen Längen der Sonne. Sie haben Fehler von höchstens einigen Zehntel Grad (0.4° als rms-Wert). Dies ist nicht unerwartet, weil die Bewegung der Sonne am einfachsten zu modellieren ist. Die Abweichung der wahren Länge der Sonne von ihrer leicht

zu berechnenden mittleren Länge (diese Abweichung wird in den AT „*aequatio solis*“ x genannt, im Deutschen meist „Ungleichheit der Sonne“, siehe Kapitel 7.3 (dortiges Unterkapitel 6)) beträgt maximal 2° und hat einen relativ einfachen Kurvenverlauf innerhalb eines Jahres. Bei einer halbwegs realistischen Modellierung des Kurvenverlaufs (in den AT mit Hilfe des exzentrischen Kreises) sind also a priori nur Fehler von wenigen Zehntel Grad zu erwarten. Dies bestätigen alle numerischen Vergleiche.

Die Fehler in den Längen der Sonne zeigen keinen zeitlichen Trend, weder im arithmetischen Mittel noch im Betrag (rms-Wert). Das Fehlen eines systematisch anwachsenden Fehlers der AT im arithmetischen Mittel ist deswegen besonders erstaunlich, weil dies zeigt, daß die doch recht merkwürdige Behandlung der Präzession in den AT (die Verwendung der nicht realen „Trepidation“) keinen merkbaren Fehler in den vorhergesagten ekliptischen Längen hervorruft. Allerdings werden die ekliptischen Längen in den AT auf den instantanen Frühlingspunkt bezogen (siehe Kapitel 17.3.4 (8)). Die Präzession geht daher explizit nur in die „Korrektion“ x (*aequatio solis*) zur mittleren Bewegung der Sonne ein. Da die Präzession im Falle der Sonne also durch die AT zumindest phänomenologisch richtig beschrieben wird, ist dies auch für Mond und Planeten zu erwarten, denn dort wird grundsätzlich das gleiche Verfahren verwendet ¹²⁰.

Die Ephemeride aus den AT für den Mond ist fast genauso gut wie die für die Sonne (siehe Kapitel 17.3.4, Unterkapitel (2)). Die Fehler in den ekliptischen Längen des Mondes betragen im Mittel ebenfalls nur wenige Zehntel Grad und bleiben nach unseren und Neugebauers Rechnungen stets unter einem Grad ¹²¹. Die hohe Genauigkeit der Mond-Ephemeride der AT ist erstaunlich, weil die mathematische Beschreibung der Mondbahn in den AT deutlich komplizierter ist als die der Sonnenbahn.

Für die Planeten betragen die Fehler in den ekliptischen Längen aus den AT typischerweise wenige Grad. Gelegentlich treten allerdings „Ausreißer“-Werte auf, von bis zu 18° bei Merkur, von mehr als 3° bei Venus, und von bis zu 6° bei Mars. Die Fehler für Jupiter und Saturn liegen fast immer deutlich unter 3° .

Zusammenfassend muß man feststellen: Wenn man den Fehler der AT für einen der Himmelskörper zu einem bestimmten Zeitpunkt t genau kennen möchte, bleibt in der Regel nur übrig, den Vergleich der AT-Werte mit modernen Daten selbst durchzuführen. Für die Berechnung der Ephemeriden-Werte aus den AT sind dann die umgerechneten AT-Tafeln von Wegener ein hervorragendes Hilfsmittel.

¹²⁰Merkur und Venus sind ohnehin im langfristigen Mittel vollständig mit der Sonne verbunden (siehe Kapitel 7.3 (dortiges Unterkapitel 9))

¹²¹Poulle und Gingerich (1967) berichten allerdings für den Mond von maximalen Differenzen von ca. zwei Grad

19 Edierte Texte

19.1 Wegeners Anmeldung zur Promotion vom 9. Juli 1904

Quelle: Xerographische Kopie aus der Promotionsakte von Alfred Wegener aus dem Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin (früher: Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin). Signatur im Universitätsarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin: HUB UA, Phil. Fak. Nr. 399, Promotionen, Promotion Alfred Wegener, 4. März 1905, Bl. 428.

Beschreibung: Handschriftlicher Antrag von Alfred Wegener an den Dekan der Philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Format: Vermutlich etwas größer als DIN A4, 1 Blatt, nur Vorderseite beschrieben.

Bemerkung: Die Anrede „Spektabilität“ für den Dekan schreibt Wegener in der Adresse mit k, im Text dann aber mit c. Beide Schreibweisen waren und sind üblich, jedoch ist der Wechsel zwischen beiden Versionen in einem Schreiben wohl ein Versehen von Wegener.

Hinweis: Kommentiert in Kapitel 8.1 .
Scan in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

Volltext:

[*Handschriftlicher Zusatz rechts oben:*] 121
[*später gestrichen und ersetzt durch:*] 428

[*In der linken Spalte rechts unten:*]

An
den Herrn Dekan der
philosophischen Fakultät
Spektabilität
hier.

[*In der rechten Spalte:*]

Berlin, den 9. Juli 1904

Euer Spectabilität[*sic*] erlaube ich mir unter Ueberreichung meiner Dissertation über 1. „Die Alfonsinischen Tafeln“ und 2. „Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons X“ sowie meiner Personalpapiere die Bitte auszusprechen, meine Meldung zum Doktorexamen gefälligst anzunehmen.

Ich wünsche in folgenden Fächern geprüft zu werden:

Hauptfach: Astronomie.

Nebenfächer: a. Meteorologie

b. Philosophie.

Alfred Wegener
cand. phil.
Halensee, Georg Wilhelmstr. 20

19.2 Lebenslauf von Wegener vom Juli 1904

Quelle: Xerographische Kopie aus der Promotionsakte von Alfred Wegener aus dem Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin (früher: Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin). Signatur im Universitätsarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin: HUB UA, Phil. Fak. Nr. 399, Promotionen, Promotion Alfred Wegener, 4. März 1905, Bl. 429r und 429v.

Beschreibung: Handschriftliches Schreiben. Format: vermutlich etwas größer als DIN A4, 1 Blatt, Vorder- und Rückseite beschrieben.

Bemerkung: Der Lebenslauf trägt kein Datum und keine Unterschrift. Die Handschrift im Lebenslauf ist aber eindeutig die von Alfred Wegener. Da der Lebenslauf zusammen mit der Anmeldung zur Promotion am 9. Juli 1904 bei der Fakultät eingereicht wurde, ist er sehr wahrscheinlich kurz vor diesem Tag, d.h. Anfang Juli 1904, geschrieben worden.

Hinweis: Kommentiert in Kapitel 8.1 .
Scan in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

Volltext:

[Vorderseite]	[Auf dieser Seite handschriftlicher Zusatz rechts oben:]	122
	[später gestrichen und ersetzt durch:]	429

Lebenslauf.

Der Verfasser, Alfred Lothar Wegener, evangelischer Confession, ist am 1. November 1880 zu Berlin als Sohn des Predigers und Direktors des Schindlerschen Waisenhauses Dr. Richard Wegener geboren. Er genoss den Unterricht des Köllnischen Gymnasiums zu Berlin, welches er Michaelis 1899 mit dem Zeugnis der Reife als primus [*gestrichen:* omnium] verliess, um sich an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften, insbesondere der Astronomie zu widmen. Abgesehen von dem Sommer-Semester 1900, in welchem er Vorlesungen an der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg, und dem Sommer-Semester 1901, in dem er solche an der Innsbrucker Universität hörte, verblieb er auch in der Folgezeit an der Berliner Universität, absolvierte von Michaelis 1901 bis Michaelis 1902 seine Dienstpflicht als Einjährig-Freiwilliger beim Königin Elisabeth Garde-Grenadier-Regiment No. 3 zu Westend und hatte von Michaelis 1902 bis Michaelis 1903 die Stelle eines Astronomen an der Sternwarte der Gesellschaft Urania inne. In den 10 Semestern von Michaelis 1899 bis Michaelis 1904 hörte er die Vorlesungen folgender Herren:

Bauschinger, v. Bezold, Blaas, Cathrein, Dilthey, Eggert, Fischer, Förster, Frobenius, Fuchs, Heinricher, Helmholtz, Knoblauch, Königsberger, Markuse, Paulsen, Planck, Quincke, Scheiner, Schwarz, Stumpf, Valentiner, Warburg, Wolf.

Von seinem siebenten Semester ab wohnte [*Fortsetzung auf der Rückseite.*] der Verfasser den Seminarübungen der Herren Professoren Bauschinger und Förster bei, welchen er sich für ihre oft erteilten gütigen Ratschläge zu besonderem Danke verpflichtet fühlt.

[Kein Datum und keine Unterschrift]

19.3 Eidesstattliche Versicherung von Wegener vom 9. Juli 1904

Quelle: Xerographische Kopie aus der Promotionsakte von Alfred Wegener aus dem Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin (früher: Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin). Signatur im Universitätsarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin: HUB UA, Phil. Fak. Nr. 399, Promotionen, Promotion Alfred Wegener, 4. März 1905, Bl. 430.

Beschreibung: Handschriftliches Schreiben. Format: vermutlich etwas größer als DIN A4, 1 Blatt, nur Vorderseite beschrieben.

Hinweis: Kommentiert in Kapitel 8.1 .
Scan in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

Volltext:

[*Handschriftlicher Zusatz rechts oben:*] 123
[*später gestrichen und ersetzt durch:*] 430

[*In der rechten Spalte:*]

Berlin, den 9. Juli 1904

Ich versichere an Eidesstatt, daß ich meine Dissertation selbst und ohne fremde Hilfe angefertigt habe und ich dieselbe einer anderen Stelle zur Prüfung nicht vorgelegt habe, ferner, daß sie weder ganz noch im Auszuge veröffentlicht worden ist.

Alfred Wegener
cand. phil.

19.4 Formblatt der Fakultät vom 9. Juli und 12. November 1904: „Meldung zur Promotionsprüfung“

Quelle: Xerographische Kopie aus der Promotionsakte von Alfred Wegener aus dem Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin (früher: Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin). Signatur im Universitätsarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin: HUB UA, Phil. Fak. Nr. 399, Promotionen, Promotion Alfred Wegener, 4. März 1905, Bl. 431r.

Beschreibung: Handschriftlich ausgefülltes Formblatt mit vorgedruckten Überschriften. Format: 1. Seite eines vierseitigen Faltblattes, jede Seite vermutlich etwas größer als DIN A4. Die 2. und 3. Seite des Faltblattes enthält die Gutachten zur Dissertation (siehe Kapitel 19.5).

Bemerkung:

Der obere Teil der Seite ist am 9. Juli 1904 vom damaligen Dekan, Max Planck, unterzeichnet. Er hat auch den oberen Teil ausgefüllt. Dies geht eindeutig aus einem Vergleich der dortigen Handschrift mit der Handschrift von Max Planck hervor, die wir aus handschriftlichen Briefen von ihm kennen.

Der untere Teil der Seite ist am 12. November 1904 vom neuen Dekan, Adolf Erman¹²², unterzeichnet.

Planck war bis zum Ende des SS 1904 Dekan und nahm daher noch am 9. Juli 1904 Wegeners Anmeldung zur Promotion entgegen. Erman war seit Beginn des WS 1904/05 der Nachfolger von Planck als Dekan und startete den Umlauf der Gutachten unter den Professoren am 12. November 1904.

Zum Text: Das „Triennium“ bedeutet einen Zeitraum von drei Jahren. Nach § 4 der Berliner Promotionsordnung hatte der Kandidat für die „Zulassung zur Promotion ein dreijähriges Universitätsstudium durch Vorlegung des Abgangszeugnisses von Universitäten des Deutschen Reichs oder von einer der nach Deutscher Art eingerichteten ausländischen Universitäten Wien, Prag (Deutsche Universität), Graz, Innsbruck, Czernowitz, Basel, Zürich, Bern, Lausanne, Genf nachzuweisen.“.

Hinweis: Kommentiert in Kapitel 8.1 .

Scan in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

¹²²Adolf Erman (1854-1937), Ordinarius für Ägyptologie und Direktor des Ägyptischen Museums Berlin

Volltext:

[*Einzige Seite der „Meldung zur Promotionsprüfung“;
zugleich 1. Seite des vierseitigen Faltblattes*):]

[*Handschriftlicher Zusatz rechts oben*:] 124
[*später gestrichen und ersetzt durch*:] 431

Philosophische Fakultät.

Decanatsjahr: 1903/4

Doktoranden-Buch No. 134

Journal-No. 301

Meldung zur Promotionsprüfung.

Der Cand. phil. Alfred Wegener

meldet sich zur Promotionsprüfung im Fache der

Astronomie Hauptf[*ach*]

Meteorologie Nebenf[*ach*]

Philo[*sophie*] Nebenf[*ach*]

Dem [*gestrichen*: lateinischen] Gesuche ist beigelegt:

Die [*gestrichen*: lateinische] **vita.**

Die schriftliche Versicherung [*teilweise von Hand unterstrichen*] des
Candidaten, dass er die bezeichnete Dissertation selbst und ohne fremde Hülfe
verfertigt, dass er sie noch keiner andern Stelle zur Beurtheilung vorgelegt und
weder ganz noch im Auszuge bisher veröffentlicht hat.

Anmeldung zum Abgangszeugnis.

[*teilweise von Hand unterstrichen*]

[*leer*]

Das Zeugnis der Reife

Kölnisches Gymn[*asium*] Berlin (Mich[*aelis*] [18]99)

Die Nachweisung des akademischen Trienniums durch

Abg.z. [Abgangszeugnisse ?] Univ[*ersität*] Berlin (Mich. [18]99 - Ostern [19]00)[,]
Heidelberg (Ostern 00 - Mich. 00) Berlin (Mich. 00 - Ostern 01)[,] Innsbruck
(Ostern 01 - Mich 01)[,] Anmb. [Anmeldebuch ?] Berlin (Mich. 01 - Ostern 04)

Die Dissertation, betitelt:

Untersuchungen über die astronomischen Werke Alfons' X

Die Alfonsinischen Tafeln

[*Gestrichener Absatz:*]

(Bei Chemikern eventuell): Bescheinigung des Laboratoriumvorstandes und
Zeugniss der Verbandsexamen.

Ich ersuche die Herren Bauschinger und Foerster um gefällige Beurtheilung der
Dissertation und Vorschlag eines geeigneten Prädikats für dieselbe.

Berlin den 9. Juli 1904

Der Decan der philosophischen Fakultät
Planck

Ich ersuche nunmehr meine geehrten Herren Collegen über umstehenden

Antrag auf Sagacitatis et industriae specimen
laudabile

gefälligst abzustimmen.

Berlin den 12. 11. 1904

Der Decan der philosophischen Fakultät
Erman

19.5 Gutachten von Bauschinger und Foerster vom 27. Oktober und 9. November 1904 über Wegeners Dissertation

Quelle: Xerographische Kopie aus der Promotionsakte von Alfred Wegener aus dem Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin (früher: Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin). Signatur im Universitätsarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin: HUB UA, Phil. Fak. Nr. 399, Promotionen, Promotion Alfred Wegener, 4. März 1905, Bl. 431v und 432r.

Beschreibung: Zwei handschriftliche Gutachten. Jeder der beiden Gutachter hat den Text zu seinem Teil selbst niedergeschrieben. Format: 2. und 3. Seite eines vierseitigen Faltblattes, jede Seite vermutlich etwas größer als DIN A4. Die 1. Seite des Faltblattes ist die „Meldung zur Promotionsprüfung“ (siehe Kapitel 19.4).

Hinweis: Kommentiert in Kapitel 8.2 .
Scan in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

Volltext:

[1. Seite der Gutachten
(zugleich 2. Seite des vierseitigen Faltblattes):]

Die vom Cand[*idaten*] eingereichte Arbeit besteht aus zwei Teilen. Der erste behandelt historisch und kritisch die auf Alfons von Castilien zurückzuführenden astronomischen Werke, über welche in den Geschichtsbüchern der Astronomie bisher nur vage und wie sich herausstellt auch größtenteils unrichtige Angaben sich vorfinden. Verf[*asser*] geht überall auf die – handschriftlichen und gedruckten – Quellen zurück und hatte mit nicht geringen sprachlichen und sachlichen Schwierigkeiten zu ringen. Mit lobenswertem Fleiß und guter Kritik hat er diese überwunden und eine ansprechende und wohlverbürgte Darstellung gegeben, die dem Geschichtsschreiber dieser Epoche gewiss von erheblichem Nutzen würde[?].

Der zweite Teil beschäftigt sich mit dem Hauptwerk, den Tafeln. Überaus zahlreiche Angaben in astronomischen und geschichtlichen Werken des Mittelalters beruhen auf den Tafeln und können nur durch Zurückgehen auf sie

geprüft werden. Dies ist auch für den Astronomen mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft, da er sich erst mit der ganzen Terminologie und Rechnungsweise des Mittelalters vertraut machen muß. Verf[asser] hat sich daher mit der Umgießung der Tafeln in eine moderne Form ein wesentliches

[2. Seite der Gutachten
(zugleich 3. Seite des vierseitigen Faltblattes):]

[Auf dieser Seite handschriftlicher Zusatz rechts oben:] 125
[später gestrichen und ersetzt durch:] 432

Verdienst erworben. Die Tafeln liegen jetzt in einer Gestalt vor, daß Jeder sie ohne besondere Studien benutzen kann.

Es genügt, wenn einer der beiden Teile als Dissertation gedruckt wird und ich möchte hierzu den zweiten Teil, die Tafeln, vorschlagen. Der erste wird in jeder math.-hist. [mathematisch-historischen] Zeitschrift gerne Aufnahme finden.

Ich stelle den Antrag auf Zulassung und schlage als Prädikat der Arbeit vor: „sagacitatis et industriae specimen laudabile“.

Berlin den 27. Oktober 1904

Bauschinger

Mit dem vorstehenden Urteil und Antrage bin ich ganz einverstanden.

Westend d. 9/11 04 [den 9. November 1904]

W. Foerster

19.6 Fakultäts-Umlauf zu Wegeners Promotion

Quelle: Xerographische Kopie aus der Promotionsakte von Alfred Wegener aus dem Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin (früher: Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin). Signatur im Universitätsarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin: HUB UA, Phil. Fak. Nr. 399, Promotionen, Promotion Alfred Wegener, 4. März 1905, Bl. 434r.

Beschreibung: Handschriftlich ausgefülltes Formblatt mit vorgedruckten Überschriften und Namen. Format: Vermutlich etwas größer als DIN A4, 1 Blatt, nur Vorderseite beschrieben.

Bemerkung: Hermann Struve (1864 -1920) war erst ab 1. Oktober 1904 als Nachfolger von Foerster Ordinarius für Astronomie der Universität und Direktor der Berliner Sternwarte. Sein Name war daher noch nicht in der Liste vorgedruckt, sondern wurde am Ende der Liste handschriftlich nachgetragen.

Hinweis: Kommentiert in Kapitel 8.2 .
Scan in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

Volltext:

Doktoranden[?]-Buch No. 134

Journal-No. 301

[*Handschriftlicher Zusatz rechts oben:*] 127

[*später gestrichen und ersetzt durch:*] 434

PHILOSOPHISCHE FAKULTÄT.

Dekanatsjahr: 1903/4

Abstimmung über das Promotionsgesuch des Kandidaten Alfred Wegener

Antrag der Herren Referenten Bauschinger u. Foerster
auf

Zulassung mit dem Prädikate: laudabile

[*Im Original folgen hier zwei Spalten, die jeweils Name und Unterschrift enthalten und die nebeneinander angeordnet sind. Wir geben diese beiden Spalten untereinander wieder, weil durch unsere hinzugefügten Erläuterungen der Text in jeder Spalte erheblich länger geworden ist.*]

[Name]	Unterschrift	[Hinzugefügte Erläuterung]
Bauschinger	:)	[Julius Bauschinger, Astronomie 1. Gutachter]
v. Bezold	E[?]. [?]. B[?]	[Wilhelm von Bezold, Meteorologie]
Branco	Einw. Br	[Wilhelm von Branco, Geologie/Paläont.]
Brandl	Einw. Brandl	[Alois Brandl, Englische Philologie]
Brückner	Einw. Br	[Alexander Brückner, Slawistik]
Delbrück	Einw. Delb.	[Hans Delbrück, Historiker]
Delitzsch	einw. Delitzsch	[Friedrich Delitzsch,]
Diels	einw. Diels	[Hermann Diels, Altphilologie]
Dilthey	einw. Dilthey	[Wilhelm Dilthey, Philosophie]
Engler	einw. Engl.	[Adolf Engler, Botanik]
Erman	Einw. Erman	[Adolf Erman, Ägyptologie]
Fischer	Einw. F	[Emil Fischer, Chemie]
Foerster	.)	[Wilhelm Foerster, Astronomie 2. Gutachter]
Frobenius	Einw. Fr.	[Georg Frobenius, Mathematik]
Helmert	einw. He.	[Robert Helmert, Geodäsie]
Hintze	Einw. Hintze	[Otto Hintze, Historiker]

[Name]	Unterschrift	[Hinzugefügte Erläuterung]
Hirschfeld	einv. Hi.	[<i>Otto Hirschfeld, Alte Geschichte</i>]
Kekule	beurlaubt	[<i>Reinhard Kekule von Stradonitz, Klassische Archäologie</i>]
v. Stradonitz		
Kirchhoff	einverst. K	[<i>Adolf Kirchhoff, Griech. Philologie</i>]
Klein	einverst. CK	[<i>Carl Klein, Geologie/Mineralogie</i>]
Kretschmar [sic]	krank.	[<i>Hermann Kretschmar, Musik</i>]
Landolt	Einvt. L	[<i>Hans Landolt, Chemie</i>]
Lenz	einv.	[<i>Max Lenz, Historiker</i>]
Meyer	EdMr	[<i>Eduard Meyer, Althistoriker</i>]
Moebius	Einv. Mb	[<i>Karl Möbius, Zoologie</i>]

[Hier beginnt die 2. (rechte) Spalte.]

[Name]	Unterschrift	[Hinzugefügte Erläuterung]
Paulsen	Einvt. P	[<i>Friedrich Paulsen, Philosophie</i>]
Pischel	einv. P.	[<i>Richard Pischel, Indologie</i>]
Planck	Einverst. Planck	[<i>Max Planck, Theoret. Physik</i>]
v. Richthofen	einv. vR	[<i>Ferdinand Freiherr von Richthofen, Geographie</i>]
Roethe	einv. R	[<i>Gustav Roethe, Germanistik</i>]
Sachau	einv. Sachau	[<i>Eduard Sachau, Orientalistik</i>]
Schäfer	einv. D. Schäfer.	[<i>Dietrich Schäfer, Historiker</i>]
Schmidt	Einvt. ESch	[<i>Erich Schmidt, Germanistik</i>]
Schmoller	einverst. Schmoller	[<i>Gustav Schmoller, Ökonomie</i>]
Schottky	Einvt. Schottky	[<i>Friedrich Schottky, Mathematik</i>]
E. Schulze	Einverst. F.E.Schulze	[<i>Franz Eilhard Schulze, Zoologie</i>]
W. Schulze	Einverst. WSch	[<i>Wilhelm Schulze, Klass. Philolog.</i>]
Schwarz	Einverstanden H. A. Schwarz.	[<i>Hermann Amandus Schwarz, Mathematik</i>]
Schwendener	Einverst. Schwender.	[<i>Simon Schwendener, Botanik</i>]
Sering	Einverst. Srg	[<i>Max Sering, Nationalökonomie</i>]
Sieglin	einv. Sieglin	[<i>Wilhelm Sieglin, Hist. Geograph.</i>]
Stumpf	einv. St.	[<i>Carl Stumpf, Philosophie</i>]
Tangl	einverst. Tangel.	[<i>Michael Tangl, Historiker</i>]
Tobler	einverst. Tobler	[<i>Adolf Tobler, Romani. Philologie</i>]

Vahlen	Einw. V.	[<i>Johannes Vahlen, Klass. Philologie</i>]
Wagner	Einw. AWr	[<i>Adolf Wagner, Nationalökonomie</i>]
Warburg	einverst. Warburg	[<i>Emil Warburg, Experimentalphysik</i>]
v. Wilamowitz- Moellendorff	v Wil	[<i>Ulrich von Wilamowitz- Moellendorff, Klassische Philologie</i>]
Wölfflin	einw. Wf	[<i>Heinrich Wölfflin, Kunstgeschichte</i>]
Zimmer	einw. Zimmer	[<i>Heinrich Zimmer, Keltische Spra.</i>]

[*Handschriftlich nachgetragen wurde unterhalb der 2. Spalte:*]

Struve	einverst. Struve	[<i>Hermann Struve, Astronomie,</i>]
---------------	------------------	--

19.7 Fakultäts-Protokoll zu Wegeners mündlicher Doktorprüfung am 24. November 1904

Quelle: Xerographische Kopie aus der Promotionsakte von Alfred Wegener aus dem Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin (früher: Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin). Signatur im Universitätsarchiv der Humboldt-Universität zu Berlin: HUB UA, Phil. Fak. Nr. 399, Promotionen, Promotion Alfred Wegener, 4. März 1905, Bl. 433.

Beschreibung: Handschriftlich ausgefülltes Formblatt. Vier unterschiedliche Handschriften. Jeder der Prüfer hat den Text zu seinem Anteil selbst niedergeschrieben. Format: vermutlich etwas größer als DIN A4, 1 Blatt, nur Vorderseite beschrieben.

Hinweis: Kommentiert in Kapitel 8.3 .
Scan in Kapitel 7 des Supplements (R. und U. Wielen (2017b)).

Volltext:

Doktoranden[?]-Buch No. 134

Journal-No. 301

[*Späterer handschriftlicher Zusatz rechts oben:*] 126

[*noch später gestrichen und ersetzt durch:*] 433

Sitzung der philosophischen Fakultät am 24ten Nov[ember] 1904

Promotionsprüfung des Kandidaten Alfred Wegener

(Prädikat der Dissertation: laudabile)

Examinatoren die Herren: Bauschinger, Förster, v[on] Bezold, Dilthey

Die Prüfung eröffnete Herr Bauschinger in Astronomie als Hauptfach. Besprochen wurden die Methoden der speziellen Störungen ausführlich, die der absoluten Störungen kursorisch, mit Ausblicken auf die Bahnbestimmung und Ausgleichsrechnung. Kandidat war in den meisten Gebieten gut bewandert, der Ausfall des Examens ein befriedigender.

v[on] Bezold setzte die Prüfung fort und fragte nach der Verteilung der Sonnenstrahlung auf die einzelnen Zonen sowohl im Jahresmittel als in den einzelnen Jahreszeiten insbesondere nach dem eigentümlichen Verhalten der Polargegenden während des Sommersolstitium. Daran schlossen sich einige Fragen über Bewölkung u.s.w. Die Antworten waren sehr befriedigend.

Foerster prüfte [*gestrichen; dadurch unleserlich*] in Geschichte der Astronomie und in geographischer Ortsbestimmung. Das Ergebnis war recht befriedigend.

Dilthey befragte den Kandidaten über die Entwicklung der Begriffe von der Verfallung des Weltgebäudes im Alterthum und er fand ihn gut unterrichtet und klar und scharf in seinem Denken.

Erg[ebnis]: magna cum laude

19.8 Auszug aus dem Brief des ARI-Direktors Cohn an das Preußische Kultusministerium vom 10. Juli 1911

Hinweis: Den vollständigen Brief des Direktors des ARI, Prof. Dr. Fritz Cohn, an das Preußische Kultusministerium vom 10. Juli 1911 haben wir bereits in Kapitel 5.5.2 von Wielen et al. (2014a) unter dem Titel „Zweiter Brief vom 10. Juli 1911 von Cohn an das Ministerium (Antwort auf die Anfrage des Ministeriums vom 15. Mai 1911)“ ediert und als Scan in Kapitel 6 von Wielen et al. (2014b) gezeigt.

Hier geben wir nur einen Auszug aus dem zweiten Teil dieses Briefes wieder, der für unser Thema relevant ist. Der Text des Auszuges wird in Kapitel 7.4.2 kommentiert. Bezüglich eines Scans des hier edierten Teils des Briefes verweisen wir auf das oben erwähnte Kapitel 6 (Seite 229 und 230) von Wielen et al. (2014b).

Quelle: Dokument im Archiv des Astronomischen Rechen-Instituts.

Beschreibung des vollständigen Briefes: Maschinenschriftlicher Entwurf eines Briefes (kein Durchschlag) mit handschriftlichen Verbesserungen bzw. Änderungen. Zwei ineinandergelegte Doppel-Blätter (8 Seiten). 21,0 cm breit, 32,8 cm hoch, ungelocht und ungeheftet. Weißes, jetzt leicht gebräuntes Papier. Ohne Seiten-Numerierung. 6 Seiten beschrieben, 2 Seiten leer. Rechte obere Ecke des inneren Doppel-Blattes ohne Textverlust abgerissen. Maschinenschrift dunkelblau-violett. Handschriftliche Zusätze, Änderungen und Korrekturen meist in dunkelblauer Tinte, z.T. aber auch mit Bleistift. Empfänger: „An Seine Exz[ellenz] den Minister [der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten (Kultusminister) in Berlin]“. Absender: Kgl.[Königliches] Astr[onomisches] Rechen Institut, Berlin SW 68, Lindenstr. 91, den 10. Juli 1911, Unterschrift: F[ritz] C[ohn].

Volltext des Auszuges:

„ ... 2.) Rechen-Hilfsmittel.

Auf diesem seinem eigensten Gebiete bedarf das Rechen-Institut einer wesentlichen Vervollkommnung seiner Mittel, wenn es die ihm obliegenden Arbeiten in ökonomischer Weise erledigen soll, insbesondere durch Anschaffung geeigneter Rechenmaschinen. Bis vor kurzem verfügte das Rechen-Institut und das Seminar über keine einzige Rechenmaschine, die doch in allen kaufmännischen, statistischen etc. Bureaus zur erfolgreichen Anwendung kommt. Der Mangel erklärt sich durch die Beschränktheit der verfügbaren Mittel, da eine leistungsfähige Rechenmaschine über 1000 Mark kostet und an eine derartige

Ausgabe aus den Laufenden Mitteln nicht zu denken ist. Um dem dringendsten Bedürfnisse abzuhelpen, habe ich im letzten Etatjahre eine kleine Maschine für 300 Mark angeschafft, die schon ganz gute Dienste geleistet hat. Einen weiteren recht wertvollen Beitrag bedeutete das vor kurzem von Seiten des Herrn Prof. Bauschinger erfolgte Geschenk einer ganz besonderen Art von Rechenmaschine, die sich bei der Herstellung einer achtstelligen Logarithmentafel sehr bewährt hatte. Indessen sind die Arbeiten des Rechen-Instituts so mannigfaltig, dass mehrere Typen von Rechenmaschinen höchst zweckdienliche Anwendung finden könnten. Auch wäre es für die Beamten des Instituts sowohl wie für die Studierenden höchst lehrreich, die verschiedenen Konstruktionen kennen zu lernen und ihre besonderen Vorteile durch den Gebrauch zu erproben, um danach eventuell neue zweckmässige Typen für den wissenschaftlichen Rechenbetrieb angeben zu können, wie es seinerzeit bei der Konstruktion der oben erwähnten Maschine mit grösstem Erfolge tatsächlich der Fall gewesen ist.“

20 Literaturverzeichnis

**Ausgabe der Alfonsinischen Tafeln von 1553 (gedruckt in Paris),
die Wegener für seine Umrechnung der Tafeln benutzt hat
(hier im Text zitiert als Alfonsinische Tafeln (1553) oder AT-1553):**

AT-1553: [Astronomicae Tabulae In propriam integritatem restitutae] Diui Alphonsi Roma-||norvm Et Hispaniarvm|| Regis, Astronomicae Tabvlae In|| propriam integritatem restitutae, ad calcem adiectis tabulis|| quae in postrema editione deerant, cum ...|| correctione, & accessione ex diuersis au-||toribus huic operi insertarum, cum in vsus vbertatem, tum|| difficultatis subsidium ...|| Qua in re Paschasius|| Hammellius Mathematicus insignis idémq[ue] Regius professor|| sedulam operam suam praestitit / [Vorrede: Lucas Gauricus]. Christian Wechel, Parisiis (Paris), 1553. 274 S.
Exemplar in der Kgl. Bibliothek zu Berlin (Preußische Staatsbibliothek, heute: Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz):
Signatur: Bibl. Diez qu. 1499.
Scan des Exemplars der Bayerischen Staatsbibliothek München unter:
<http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb10158943-8>

**Ausgaben der Alfonsinischen Tafeln von 1483, 1492, 1518 und 1524
(alle gedruckt in Venedig), die Wegener auch vorgelegen haben:**

AT-1483: Alfontij regis Castelle illustrissimi celestiu motuu tabule [Tabulae astronomicae]. Erhard Ratdolt, Venedig, 1483. 94 Blatt.
Drei Exemplare in der Kgl. Bibliothek zu Berlin (Preußische Staatsbibliothek, heute: Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz):
Signaturen: 4^o Ot 9550 (Kriegsverlust), Inc. 3788, Inc. 3788b (an: 8^o Inc. 3791).
Ein weiteres Exemplar befand sich in der Bibliothek der Kgl. Sternwarte zu Berlin (heute in der Bibliothek des Leibniz-Instituts für Astrophysik Potsdam).
Signatur der Berliner Sternwarte: Acc. No. 1634.
Scan des Exemplars der Bayerischen Staatsbibliothek München unter:
URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb00060314-6>

AT-1492: [Tabulae astronomicae] Tabule Astronomiche|| Alfonsi Regis / [Editor: Johannes Lucilius Santritter]. Johann Hamman, Venetijs (Venedig), 1492. 114 Blatt.
Zwei Exemplare in der Kgl. Bibliothek zu Berlin (Preußische Staatsbibliothek, heute: Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz):
Signatur: 4^o Ol 9553 (Kriegsverlust), RLS Xa 351 : E 1281.
Scan des Exemplars der Bayerischen Staatsbibliothek München unter:

<http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb11303398-5>

AT-1521: Tabule astronomice Divi Alfonsi Regis Romanoru et Castelle: Nuper quam diligentissime cum additionibus emendate. Petrus Liechtenstein, Venetiis (Venedig), 1518 (Am Ende des Werkes 1521 angegeben). 120 S.
Exemplar in der Kgl. Bibliothek zu Berlin (Preußische Staatsbibliothek, heute: Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz):
Signatur: 4“ Ol 9556 (Kriegsverlust möglich).
Scan des Exemplars der Bibliothek der ETH Zürich unter:
<http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-425>

AT-1524: [Tabula] Alfonsi Hispaniarum Regis Tabule [et] L. Gaurici Artium doctoris egregij Theoremata quorum hic est index ... In calce huius libri seorsum annexe sunt tabul[a]e Elisabeth Regin[a]e nuper castigat[a]e & in ordinem redact[a]e per. L. Gauricum cum additionibus & Nouis problematibus eiusdem Gaurici. Luca Antonio de Giunta (Lucas Anton Junta), Venetiis (Venedig), 1524. 123 + 27 S.
Exemplar in der Kgl. Bibliothek zu Berlin (Preußische Staatsbibliothek, heute: Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz):
Signatur: Bibl. Diez qu. 1469.
Scan des Exemplars der Österreichischen Nationalbibliothek unter:
http://digital.onb.ac.at/OnbViewer/viewer.faces?doc=ABO_%2BZ184413001

**Ausgabe der Alfonsinischen Tafeln von 1545 (gedruckt in Paris),
die Wegener auch einsehen konnte:**

AT-1545: Divi Alphonsi Romanorum et Hispaniarum regis Astronomicae tabulae in propriam integritatem restitutae, ad calcem adiectis tabulis quae in postrema editione deerant, cum plurimorum locorum correctione & accessione variarum tabellarum ex diversis autoribus huic operi insertarum ...
Christian Wechel, Parisiis (Paris), 1545. 274 S.
Scan des Exemplars der Staats- und Stadtbibliothek Augsburg
(über die Bayerischen Staatsbibliothek München) unter:
<http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb11218064-1>

Ein Exemplar dieser Ausgabe befand sich im Privat-Besitz des Potsdamer Astronomen Hans Ludendorff (1873-1941). Wegener hat es bei ihm eingesehen. Ein anderes Exemplar gab es in der Kgl. Bibliothek zu Berlin (Preußische Staatsbibliothek, heute: Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz; Signatur: 4“ Ol 9561 (Kriegsverlust möglich)). Beide Exemplare scheint Wegener aber für seine Dissertation nicht näher in Betracht gezogen zu haben.

Literatur:

Alfonsinische Tafeln 1553: Diui Alphonsi Romanorvm Et Hispaniarvm Regis, Astronomicae Tabvlae In propriam integritatem restitutae, ad calcem adiectis tabulis quae in postrema editione deerant, cum ... correctione, & accessione ex diuersis autoribus huic operi insertarum, cum in vsus vbertatem, tum difficultatis subsidium ... Qua in re Paschasius Hammellius Mathematicus insignis idémq[ue] Regius professor|| sedulam operam suam praestitit / (Vorrede: Lucas Gauricus). Christian Wechel, Paris, 1553. 274 S.

Archibald, R. C. 1944: Obituary for Johann Theodor Peters. *Mathematical Tables and Other Aids to Computation*, Volume 1, No. 5 (April 1944), p. 168.

Architekten-Verein zu Berlin und Vereinigung Berliner Architekten (Bearbeiter und Herausgeber) 1896: *Berlin und seine Bauten*. II. und III. Der Hochbau. II. Öffentliche Bauten. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin. 577 und 296 S.

AT: siehe **Alfonsinische Tafeln**

Bauschinger, J. 1884: Untersuchungen über die Bewegung des Planeten Merkur. Inaugural-Dissertation, Universität München. Theodor Ackermann, München. 59 S.

Bauschinger, J. 1888: Über die Biegung von Meridianfernrohren. *Neue Annalen der Königlichen Sternwarte in Bogenhausen bei München*, Band 2, S. D 1.

Bauschinger, J. 1901: *Tafeln zur theoretischen Astronomie*. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 148 S.

Bauschinger, J. 1902: Mitteilung über eine astronomische Untersuchung, wiedergegeben in *G. Zedler* (1902), S. 4.

Bauschinger, J. 1906: *Die Bahnbestimmung der Himmelskörper*. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 653 S.

Bauschinger, J., Peters, J. 1910: *Tafeln mit acht Dezimalstellen: enthaltend die Logarithmen aller Zahlen von 1-200 000 und die Logarithmen der trigonometrischen Funktionen für jede Sexagesimalsekunde des Quadranten*. Stereotypausgabe. Band 1. *Tafel der achtstelligen Logarithmen aller Zahlen von 1-200 000*. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 367 S.

Bauschinger, J., Peters, J. 1911: *Logarithmisch-trigonometrische Tafeln mit acht Dezimalstellen: enthaltend die Logarithmen aller Zahlen von 1-200 000 und die Logarithmen der trigonometrischen Funktionen für jede Sexagesimalsekunde des Quadranten*. Band 2. *Tafel der achtstelligen Logarithmen der trigonome-*

- trischen Funktionen für jede Sexagesimalsekunde des Quadranten. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 951 S.
- Bauschinger, J. 1921: Nachruf auf Wilhelm Foerster. *Astronomische Nachrichten*, Band 212, S. 489.
- Bauschinger, J. 1928: *Die Bahnbestimmung der Himmelskörper*. 2. Auflage. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 671 S.
- Berliner Astronomisches Jahrbuch: Eine vollständige Bibliographie aller 184 Bände des Berliner Astronomischen Jahrbuchs ist in der Datenbank ARIPRINT des Astronomischen Rechen-Instituts enthalten und unter folgendem Link aufrufbar: <http://www.ari.uni-heidelberg.de/publikationen/baj/> .
- Brüggenthies, W., Dick, W. 2005: *Biographischer Index der Astronomie*. *Biographical Index of Astronomy*. *Acta Historica Astronomiae*, Volume 26. Harri Deutsch, Frankfurt am Main. 481 S. [2. Auflage in Vorbereitung.]
- Bürgel, B. H. 1952: *Aus fernen Welten. Eine volkstümliche Himmelskunde*. Neubearbeitet und erweiterte Ausgabe. 146.-150. Tausend. Deutscher Verlag, Berlin. 538 S.
- Chabás, J., Goldstein, B. R. 1997: Computational Astronomy: Five Centuries of Finding True Syzygy. *Journal for the History of Astronomy*, Volume 28, p. 93.
- Chabás, J., Goldstein, B. R. 2003: *The Alfonsine Tables of Toledo*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 341 S.
- Chabás, J., Goldstein, B. R. 2009: *The Astronomical Tables of Giovanni Bianchini*. Brill, Leiden. 141 S.
- Charlier, C. V. L., Engström, F. 1904: *Porträtgalerie der Astronomischen Gesellschaft*. Porträts nebst genealogischen Notizen. Hasse W. Tullberg, Stockholm. 70 S.
- Delambre, M. 1819: *Histoire de l'astronomie du moyen age*. V. Courcier, Paris. 640 S.
- Diesterweg, A. 1890: *Diesterweg's populäre Himmelskunde und mathematische Geographie*. 11., 12. und 13. Auflage. Neu bearbeitet von M. W. Meyer unter Mitwirkung von B. Schwalbe. Emil Goldschmidt, Berlin. 426 S.
- Drüll, D. 2009: *Heidelberger Gelehrtenlexikon 1933-1986*. Springer, Berlin und Heidelberg. 714 S.

- Ehmke, G. 1980: Alfred Wegener und die Himmelskunde. Ein Beitrag zum 100. Geburtstag des bedeutenden Naturforschers. *Die Sterne*, Band 56, S. 331.
- Foerster, W. 1875: Ueber einige neue, mit der Berliner Sternwarte verbundene, astronomischen Institutionen. *Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft*, 10. Jahrgang, S. 268.
- Foerster, W. 1911: *Lebenserinnerungen und Lebenshoffnungen (1832 bis 1910)*. Georg Reimer, Berlin. 351 S.
- Gingerich, O. 1985: The Accuracy of Ephemerides, 1500-1800. *Vistas in Astronomy*, Band 28, S. 339.
- Gingerich, O. 1993: *The Eye of Heaven. Ptolemy, Copernicus, Kepler*. American Institute of Physics, New York. 442 S.
- Goldstein, S. J. Jr. 1982: Deceleration of the Earth's Rotation from Old Solar Tables. *Celestial Mechanics*, Band 27, S. 53.
- Greene, M. T. 2015: *Alfred Wegener. Science, Exploration, and the Theory of Continental Drift*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 675 S.
- Guthnick, P. 1924: Nachruf auf Wilhelm Foerster. *Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft*, 59. Jahrgang, S. 5.
- Guttstadt, A. 1886: *Die naturwissenschaftlichen und medicinischen Staatsanstalten Berlins. Festschrift für die 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte*. August Hirschwald, Berlin. 570 S.
- Hamel, J., Tiemann, K.-H. 1988: Die Vertretung der Astronomie an der Berliner Universität in den Jahren 1810 bis 1914. In: *Beiträge zur Geschichte der Astronomie in Berlin*. Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow. *Vorträge und Schriften*, Nr. 69, S. 5.
- Herz, N. 1887: *Geschichte der Bahnbestimmung von Planeten und Kometen*. I. Theil: *Die Theorien des Alterthums*. B. G. Teubner, Leipzig. 169 S.
- Herz, N. 1894: *Geschichte der Bahnbestimmung von Planeten und Kometen*. II. Theil: *Die empirischen Methoden*. B. G. Teubner, Leipzig. 264 S.
- Hopmann, J. 1934: Nachruf auf Julius Bauschinger. *Astronomische Nachrichten*, Band 252, S. 29.
- JPL 2017: JPL's HORIZONS Web-Interface.
<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

- Jubier, X. 2017: Solar, Lunar and Planets Ephemerides.
http://xjubier.free.fr/en/site_pages/astronomy/ephemerides.html
- Kepler, J. 1627: *Tabulae Rudolphinae*. Jonas Saurius, Ulm. [9] Bl., 125 S., [1] Bl., 115 [i.e.] 119 S.
- Kokott, W. 1995: Astronomische Längenbestimmung in der frühen Neuzeit. *Sudhoffs Archiv* (Vierteljahresschrift für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften, der Pharmazie und der Mathematik), Band 79, S. 165.
- Kopernikus, N. 1543: *De revolutionibus orbium coelestium*, Libri VI. ... Habes etiam Tabulas expeditissimas ... Johannes Petrius, Nürnberg. [6], 196 Bl.
- Kopff, A. (Herausgeber) 1928: Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Auflage. 5. Band, 2. Hälfte. Physik des Kosmos (einschließlich Relativitätstheorie). Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig. XII + 596 S.
- Kopff, A. 1931: Nachruf auf Alfred Wegener. *Astronomische Nachrichten*, Band 242, S. 263.
- Kremer, R. L. 2003: Thoughts on John of Saxony's method for Finding Times of True Syzygy. *Historia Mathematica*, Volume 30, p. 263.
- Mädler, J. H. von 1873: *Geschichte der Himmelskunde von der ältesten bis auf die neueste Zeit*. Band 1 und 2. George Westermann, Braunschweig. 528 und 590 S.
- McClelland, C. E. 2012: Studium und Studenten. In: *Geschichte der Universität Unter den Linden*. Band 1. Gründung und Blütezeit der Universität zu Berlin 1810 - 1918. Herausgeber: H.-E. Tenorth und C. E. McClelland. Akademie-Verlag, Berlin, S. 513.
- Mett, R. 1996: *Regiomontanus. Wegbereiter des neuen Weltbildes*. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart und Leipzig, und vdf, Hochschulverlag an der ETH Zürich. 204 S.
- Meyer, M. W. 1898: *Das Weltgebäude. Eine gemeinverständliche Himmelskunde*. Bibliographisches Institut, Leipzig. 678 S.
- NASA Eclipse Web Site 2016: Six Millennium Catalog of Phases of the Moon. Moon Phases from -1999 to +4000 (2000 BCE to 4000 CE). Fred Espenak.
<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/phase/phasecat.html> oder
<http://astropixels.com/ephemeris/phasescat/phasescat.html>

- Neugebauer, P. V. 1904: Abgekürzte Tafeln der Sonne und der großen Planeten. Veröffentlichungen des Königlichen Astronomischen Rechen-Instituts zu Berlin, Nr. 25. Verlagsbuchhandlung Ferdinand Dümmler, Berlin, 34 S.
- Neugebauer, P. V. 1905a: Abgekürzte Tafeln des Mondes nebst Tafeln zur Berechnung der täglichen Auf- und Untergänge der Gestirne. Veröffentlichungen des Königlichen Astronomischen Rechen-Instituts zu Berlin, Nr. 27. Verlagsbuchhandlung Ferdinand Dümmler, Berlin, 25 S.
- Neugebauer, P. V. 1905b: Rezension von: A. Wegener 1. Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners. 8°, Berlin, 1905, 63 S.
2. Die astronomischen Werke Alfons X. Veröffentlicht in Bibliotheca Mathematica, dritte Folge, VI. Band, 2. Heft 8°, Leipzig 1905, 57 S.
In: Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft, 40. Jahrgang, S. 321.
- Nevalainen, J. 1996: The Accuracy of the Ecliptic Longitude in Ptolemy's Mercury Model. *Journal for the History of Astronomy*, Volume 27, p. 147.
- Newcomb, S. 1898: Tables of the Motion of the Earth on its Axis and Around the Sun. Office of the American Ephemeris and Nautical Almanac, Washington DC. 169 S. Aus: *Astronomical Papers Prepared for the Use of the American Ephemeris and Nautical Almanac*, Volume 6, Part 1, p. 9-169.
- Porträtgalerie der Astronomischen Gesellschaft: siehe unter Charlier und Engström (1904).
- Pouille, E., Gingerich, O. 1967: Les positions des planètes au Moyen Age: application du calcul électronique aux tables alphonsines. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres* (Paris), séances de l'année 1967, 111. Jahrgang, S. 531.
- Regiomontanus, J. 1474a: *Kalendarium*. Johannes Regiomontanus, [Nürnberg]. 64 S. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb00031144-2>
- Regiomontanus, J. 1474b: *Kalender* (deutsch). Johan von Königsperg, [Nürnberg]. 64 S. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb00031080-6>
- Regiomontanus, J. 1474c: *Ephemerides*. Johannes Regiomontanus, [Nürnberg]. 896 S. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb00031043-1>
- Reichsdruckerei (Herausgeber) 1903: *Monumenta Germaniae et Italiae typographica*. Deutsche und italienische Inkunabeln in getreuen Nachbildungen. Reichsdruckerei, Berlin. Lieferung 1-12 in 10 Mappen (1892-1913). Hier: Tafel 184. Signatur des Exemplars des Sammelbandes der Universitätsbibliothek Heidelberg, das die Tafel 184 enthält: F 7940 Gross RES::Taf.,3.

- Reinhold, E. 1542: *Theoricae novae planetarum: inserta item methodica tractatio de illuminatione Lunae, Typus eclipsis solis futurae 1544*, Georgius Purbachius. Hans Lufft, Wittenberg. Ca. 480 S.
- Reinhold, E. 1551: *Prutenicae tabulae coelestium motuum*. Ulrich Morhart, Tübingen. Ca. 500 S.
- Reinke-Kunze, C. 1994: *Alfred Wegener. Polarforscher und Entdecker der Kontinentaldrift*. Birkhäuser, Basel u.a., 188 S.
- Rico y Sinobas, M. 1863-1867: *Libros del saber de astronomía del rey D. Alfonso X. de Castilla, copilados, anotados y comentados por Don Manuel Rico y Sinobas. Obra publicada de Real Orden. Tipografía de Eusebio Aguado, Madrid. Tomo (Band) I-V, 208 + 321 + 316 + 183 + 209 S.*
 Scan des Werks einsehbar unter URL:
www.galiciana.bibliotecadegalicia.xunta.es/es/consulta/registro.cmd?id=4706
- Schöner, J. 1522: *Equatorii astronomici omnium ferme uranicarum theorematum explanatorii canones*. Friedrich Peypus, Nürnberg. Ca. 60 S.
- Schöner, J. 1587: *Tabulae resolutae astronomicae Iohannis Schoneri*. Matthäus Welack, Wittenberg. Ca. 230 S.
- Schumacher, C. 1917: *Untersuchungen über die ptolemäische Theorie der unteren Planeten (Merkur und Venus). Inaugural-Dissertation, Universität Straßburg. Druck der Aschendorffschen Buchhandlung, Münster in Westfalen. 78 S.*
- Schwarzbach, M. 1989: *Alfred Wegener und die Drift der Kontinente. 2. Auflage. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart. 164 S.*
- Simmons, J. 1996: *The Scientific 100: A Ranking of the Most Influential Scientists, Past and Present*. Citadel Press, Kensington Publishing Corporation, New York. 504 S.
- Simon, E. 1988: *The Türkenkalender (1454) Attributed to Gutenberg and the Strasbourg Lunation Tracts. The Medieval Academy of America, Cambridge, Mass. 113 S.*
- Stegemann, V. 1948: *Der astronomische Kalender, eine Planetentafel für Laienastrologen*. In: Wehmer, C. (1948): *Mainzer Probedrucke in der Type des sogenannten Astronomischen Kalenders für 1448. Ein Beitrag zur Gutenbergforschung*. Leibniz-Verlag, München. S. 45.
- Stephenson, F. R., Morrison, L. V., Hohenkerk, C. Y. 2016: *Measurement of the Earth's Rotation: 720 BC to AD 2015*. *Proceedings of the Royal Society A*, Volume 472, Issue 2196, DOI: 10.1098/rspa.2016.0404.

- Stracke, G. 1934: Nachruf auf Julius Bauschinger. Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft, 69. Jahrgang, S. 146.
- Stracke, G. 1935: Obituary for Julius Bauschinger. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 95, p. 336.
- Tannery, P. 1893: Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne. Gauthier-Villars & fils, Paris. 370 S.
- van der Waerden, B. L. 1988: Die Astronomie der Griechen. Eine Einführung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt. 315 S.
- Weber, H. R. 1951: Die Alfonsinischen Tafeln. Sternenwelt, Band 3, S. 25.
- Wegener, A. 1904a: Bahnelemente des Kleinen Planeten (511) [1903 LU].
In: Berliner Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1906. Erschienen 1904. Herausgegeben vom Königlichen Astronomischen Recheninstitut unter Leitung von J. Bauschinger. Ferdinand Dümmlers Verlagsbuchhandlung (Kommissionsverlag), Berlin. S. 438-439.
- Wegener, A. 1904b: Ephemeride des Planeten (511) [1903 LU]. Astronomische Nachrichten, Band 165, S. 365.
- Wegener, A. 1905a: Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde, genehmigt von der philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Druck E. Ebering, Berlin. 63 S.
- Wegener, A. 1905b: Die astronomischen Werke Alfons X. Bibliotheca Mathematica. Zeitschrift für Geschichte der Mathematischen Wissenschaften. B. G. Teubner, Leipzig. 3. Folge, 6. Band, 2. Heft, S. 129.
- Wegener, A. 1906: Über die Entwicklung der kosmischen Vorstellungen in der Philosophie. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Blätter, Band 3, S. 61-64 und S. 78-82.
- Wegener, A. 1911: Thermodynamik der Atmosphäre. Johann Ambrosius Barth, Leipzig. 331 S.
- Wegener, A. 1915: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 1. Auflage. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig. 94 S.
- Wegener, A. 1918: Über die planmäßige Auffindung des Meteoriten von Treysa. Astronomische Nachrichten, Band 207, S. 185.

- Wegener, A. 1921: Die Entstehung der Mondkrater. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig. 48 S.
Englische Übersetzung des Werkes durch A. M. C. Sengör: A. Wegener, The Origin of Lunar Craters. In: The Moon, Volume 14 (1975), p. 211.
- Wegener, A. (Herausgeber) 1928: Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Auflage. 5. Band, 2. Hälfte. Physik der Erde. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig. XVIII + 840 S.
- Wegener, A. 1929: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 4., umgearbeitete Auflage. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig. 231 S.
- Wegener, A., Wegener, K. 1933-1940: Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Grönland-Expedition Alfred Wegener 1929 und 1930/1931. Herausgegeben im Auftrag der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft von Kurt Wegener. Band 1 bis 7. F. A. Brockhaus, Leipzig.
- Wegener, E. 1960: Alfred Wegener: Tagebücher, Briefe, Erinnerungen. F. A. Brockhaus, Wiesbaden. 262 S.
- Wehmer, C. 1948: Mainzer Probedrucke in der Type des sogenannten Astronomischen Kalenders für 1448. Ein Beitrag zur Gutenbergforschung. Mit einer Untersuchung: Der astronomische Kalender, eine Planetentafel für Laienastrologen; von Viktor Stegemann. Leibniz-Verlag, München. 60 S.
- Weiss, S. 2006: Die Differenzenmaschine von Hamann und die Berechnung der Logarithmen. URL: <http://www.mechrech.info/publikat/HamDiffM.pdf> .
- Wielen, R. 2001: The 300th Anniversary of the Calendar Edict and the History of the Astronomisches Rechen-Institut. In: Dynamics of Star Clusters and the Milky Way. Proceedings of the International Spring Meeting of the Astronomische Gesellschaft to celebrate the 300th anniversary of the „Calendar Edict“, foundation document of the Astronomisches Rechen-Institut, held in Heidelberg, Germany 20-24 March 2000. ASP Conference Series. Volume 228. Herausgeber: S. Deiters, B. Fuchs, R. Spurzem, A. Just und R. Wielen. Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, S. 3.
- Wielen, R., Wielen, U. 2010a: Johann Elert Bodes Geschichte der Berliner Sternwarte bis zum Jahr 1811. Edition der Handschrift. HeiDOK. 86 S.
URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/11523>
URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-opus-115237>
DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00011523>
Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2010b: Supplement zu Johann Elert Bodes Geschichte der Berliner Sternwarte bis zum Jahr 1811. Scans der Handschrift und zugehöriger Dokumente. HeiDOK. 59 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/11525>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-opus-115254>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00011525>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2011a: Die Archivalien des Astronomischen Rechen-Instituts zum Kalender in Preußen. Edition der Dokumente. HeiDOK. 228 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/12473>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-opus-124737>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00012473>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2011b: Supplement zu den Archivalien des Astronomischen Rechen-Instituts zum Kalender in Preußen. Scans der Dokumente. HeiDOK. 101 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/12474>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-opus-124741>

DOI: <http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/12474>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2011c: Die Reglements und Statuten des Astronomischen Rechen-Instituts und zugehörige Schriftstücke im Archiv des Instituts. Edition der Dokumente. HeiDOK. 319 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/13066>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-opus-130665>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00013066>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2011d: Supplement zu den Reglements und Statuten des Astronomischen Rechen-Instituts und zugehörigen Schriftstücken im Archiv des Instituts. Scans der Dokumente. HeiDOK. 89 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/13090>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-opus-130909>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00013090>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform

HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2012a: Von Berlin über Sermuth nach Heidelberg. Das Schicksal des Astronomischen Rechen-Instituts in der Zeit von 1924 bis 1954 anhand von Schriftstücken aus dem Archiv des Instituts. HeiDOK. 400 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/14604>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-146043>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00014604>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2012b: Supplement zu: Von Berlin über Sermuth nach Heidelberg. Das Schicksal des Astronomischen Rechen-Instituts in der Zeit von 1924 bis 1954 anhand von Schriftstücken aus dem Archiv des Instituts. Scans der Schriftstücke. HeiDOK. 438 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/14605>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-146058>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00014605>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2013: August Kopff, die Relativitätstheorie, und zwei Briefe Albert Einsteins an Kopff im Archiv des Astronomischen Rechen-Instituts. HeiDOK. 253 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/15653>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-156534>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00015653>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U., Hefe, H., Heinrich, I. 2014a: Die Geschichte der Bibliothek des Astronomischen Rechen-Instituts. Mit einem Verzeichnis von Büchern, die aus der Berliner Institutsbibliothek nach Heidelberg gelangt sind. HeiDOK. 530 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/18101>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-181012>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00018101>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

- Wielen, R., Wielen, U., Hefe, H., Heinrich, I. 2014b: Supplement zur Geschichte der Bibliothek des Astronomischen Rechen-Instituts. HeiDOK. 236 S.
 URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/18102>
 URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-181026>
 DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00018102>
Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.
- Wielen, R., Wielen, U. 2016a: Astronomische Ephemeriden, Navigation und Krieg. Die erstaunliche Zusammenarbeit der Ephemeriden-Institute von Deutschland, England, Frankreich und den USA im Zweiten Weltkrieg nach Dokumenten im Archiv des Astronomischen Rechen-Instituts. Edition der Dokumente. HeiDOK. 438 S.
 URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/22021>
 URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-220213>
 DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00022021>
Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.
- Wielen, R., Wielen, U. 2016b: Supplement zu: Astronomische Ephemeriden, Navigation und Krieg. Die erstaunliche Zusammenarbeit der Ephemeriden-Institute von Deutschland, England, Frankreich und den USA im Zweiten Weltkrieg nach Dokumenten im Archiv des Astronomischen Rechen-Instituts. Scans der Dokumente. HeiDOK. 320 S.
 URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/22022>
 URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-220220>
 DOI: <http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/22022>
Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.
- Wielen, R. 2016c: Das Kalender-Edikt des Brandenburgischen Kurfürsten Friedrich III. vom 10. Mai 1700. In: Vision als Aufgabe. Das Leibniz-Universum im 21. Jahrhundert. Grötschel, M., Knobloch, E., Schiffers, J., Woisnitza, M., Ziegler, G. M. (Herausgeber). Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin 2016, S. 185.
 In Manuskript-Form:
 HeiDOK. 14 S.
 URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/22587>
 URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-225879>
 DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00022587>
Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2017a: Alfred Wegener und das Astronomische Rechen-Institut. Mit einer Anwendung seiner umgerechneten Alfonsinischen Tafeln auf den „Astronomischen Kalender“ für 1448. HeiDOK. 295 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/24001>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-240011>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00024001>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R., Wielen, U. 2017b: Supplement zu „Alfred Wegener und das Astronomische Rechen-Institut“. HeiDOK. 268 S.

URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/24002>

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:16-heidok-240028>

DOI: <http://doi.org/10.11588/heidok.00024002>

Diese Arbeit wurde elektronisch publiziert auf der Open Access-Plattform HeiDOK der Universität Heidelberg, die von der Universitätsbibliothek Heidelberg verwaltet wird. Siehe auch Seite 2.

Wielen, R. 2017c: Als Astronom in Berlin und Heidelberg, und das je zweimal. In: Heidelberger Physiker berichten – Rückblicke auf Forschung in der Physik und Astronomie. Band 3: Mikrokosmos und Makrokosmos. Herausgeber: I. Appenzeller, D. Dubbers, H.-G. Siebig, A. Winnacker. heiBOOKS. S. 175.

DOI des Buches: <http://doi.org/10.11588/heibooks.253.399>

URL des Beitrags:

<http://books.ub.uni-heidelberg.de/heibooks/reader/download/253/253-4-79511-2-10-20171128.pdf>

Hinweis:

Unsere Arbeiten (Wielen, R., Wielen, U.) erhalten an den Jahreszahlen (2010, 2011, 2012, ...) jeweils einen Buchstabenzusatz (a, b, ...). Dieser Buchstabenzusatz erfolgt auch dann, wenn nicht alle Arbeiten im Literaturverzeichnis aufgeführt werden. Der Buchstabenzusatz soll der besseren und eindeutigen Identifizierung unserer verschiedenen Arbeiten dienen, insbesondere beim Zitieren im laufenden Text.

Wolf, R. 1877: Geschichte der Astronomie. R. Oldenburg, München. 815 S.

Wurstisen, C. 1569: Quaestiones novae in theoricis planetarum Purbachii. Sebastian Henripetri, Basel. Ca. 450 S.

Wutzke, U. 1988a: Der Forscher von der Friedrichsgracht. Leben und Leistung Alfred Wegeners. F. A. Brockhaus, Leipzig. 272 S.

- Wutzke, U. 1988b: Der Forscher von der Friedrichsgracht. Die wissenschaftlichen Leistungen Alfred Wegeners mit besonderer Rücksicht auf die Astronomie. In: Beiträge zur Geschichte der Astronomie in Berlin. Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow, Vorträge und Schriften Nr. 69, S. 39.
- Wutzke, U. 1997: Durch die weiße Wüste – Leben und Leistungen des Grönlandforschers und Entdeckers der Kontinentaldrift Alfred Wegener. Justus Perthes, Gotha. 240 S.
- Wutzke, U. 1998: Alfred Wegener. Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Lebens und Wirkens. Berichte zur Polarforschung Alfred Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven. Band 288. 144 S. URL: <http://epic.awi.de/26468/>
- Wutzke, U. 2000: Alfred Wegener(1880-1930) und die Entwicklung der Vorstellungen über die Entstehung der Erde - eine Einführung. In: Geschichte der Erdwissenschaften in Österreich. Herausgeber: B. Hubmann. Berichte der Geologischen Bundesanstalt, Nr. 51. Wien, S. 76.
- Wutzke, U. 2013: Über die Anfänge der Verschiebungstheorie Alfred Wegeners. Geohistorische Blätter, Band 23, S. 67.
- Wutzke, U. 2014: Ein Inspirator für Alfred Wegener: Adolf Miethe (1862–1927). In: 15 Jahre Österreichische Arbeitsgruppe „Geschichte der Erdwissenschaften“. Tagung, 12. Dezember 2014, Universalmuseum Joanneum, Graz. Herausgeber: B. Hubmann, D. Angetter, J. Seidl. Berichte der Geologischen Bundesanstalt, Wien, Band 107, S. 71.
- Wutzke, U. 2015: Klima, Krater, Kontinente. Das Leben des Grönlandforschers und Entdeckers der Kontinentaldrift Alfred Wegener. Verlag für Geowissenschaften, Berlin. 208 S.
- Zedler, G. 1901: Ein neu aufgefundener Gutenbergdruck. Centralblatt für Bibliothekswesen, 18. Jahrgang, S. 501.
- Zedler, G. 1902: Die älteste Gutenbergtype. Teil I: Ein neu entdeckter astronomischer Kalender für das Jahr 1448. Mit einer astronomischen Untersuchung von Prof. Dr. Julius Bauschinger zu Berlin und einem sprachlichen Beitrag von Prof. Dr. Edward Schröder zu Marburg. Veröffentlichungen der Gutenberg-Gesellschaft, Band 1. Verlag der Gutenberg Gesellschaft, Mainz. 57 S.
- Zinner, E. (Herausgeber) 1937: Der deutsche Kalender des Johannes Regiomontan. Nürnberg um 1474. Faksimile-Druck nach dem Exemplar der Preussischen Staatsbibliothek. Veröffentlichungen der Gesellschaft für Typenkunde des XV. Jahrhunderts, Reihe B, Seltene Frühdrucke in Nachbildungen, Band 1. Otto Harrassowitz, Leipzig. 20 S. und 30 Blatt.

Zinner, E. 1938: Der astronomische Kalender von 1448. Beiträge zur Inkunabelkunde, Neue Folge, Band 2, S. 128.

Zinner, E. 1964: Geschichte und Bibliographie der astronomischen Literatur in Deutschland zur Zeit der Renaissance. 2. Auflage. Anton Hiersemann, Leipzig. 480 S.

Zinner, E. 1968: Leben und Wirken des Joh. Müller von Königsberg genannt Regiomontanus. 2. Auflage. Otto Zeller, Osnabrück. 402 S.

21 Danksagungen

Frau Dr. Aleksandra Pawliczek, der Leiterin des Archivs der Humboldt-Universität zu Berlin, und ihren Mitarbeiterinnen, Frau Sabine Friedrich und Frau Dagmar Seemel, danken wir dafür, daß sie uns den Inhalt der Promotionsakte von Alfred Wegener zugänglich gemacht haben. Das Archiv hat uns freundlicherweise auch gestattet, Teile dieser Akte hier zu veröffentlichen.

Herrn Dr. Christian Salewski, Leiter des Archivs für deutsche Polarforschung, Alfred-Wegener-Institut (AWI), Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (Bremerhaven) danken wir für die Überlassung eines hochau aufgelösten Farbscans der originalen Promotionsurkunde von Alfred Wegener aus dessen Nachlaß und für die Zustimmung zur Veröffentlichung dieser Abbildung.

Frau Dipl.-Ing. (FH) Mag. Ingeborg Formann (Sammlung von Handschriften und alten Drucken der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien) danken wir für ihre Beratung zum Jahrbuch für 1448 von Regiomontanus in Codex 4988.

Herrn Mag. Peter Prokop (Bildarchiv und Grafiksammlung der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien) danken wir für die Genehmigung zur Wiedergabe der Scans des Jahrbuchs für 1448 von Regiomontanus aus Codex 4988.

Dem Digitalisierungszentrum der Universitätsbibliothek Heidelberg, insbesondere Frau Sigrun Schall-Thiery, danken wir für die Erstellung von Scans der Dissertation von Alfred Wegener, Scans der farbigen Abbildungen der Fragmente des „Astronomischen Kalenders“ für 1448 und Scans von Seiten aus den Alfonsinischen Tafeln (Ausgabe von 1524).

Frau Dipl.-Math. Inge Heinrich (Worms), Herrn Dr. Helmut Lenhardt (Heidelberg) und Herrn Dr. Robert Schmidt (Heidelberg) danken wir für ihre Durchsicht unseres Manuskripts und für hilfreiche Bemerkungen.

Für wertvolle Hinweise, Kommentare und sonstige Hilfe danken wir Frau Dipl.-Phys. Regina von Berlepsch (Leibniz-Institut für Astrophysik (AIP), Potsdam), Frau Anke Vollersen (Hamburger Sternwarte), Frau Dr. Karin Zimmermann (Abteilung Historische Sammlungen der Universitätsbibliothek Heidelberg), und den Herren Prof. Dr. Owen Gingerich (Harvard University, Cambridge, USA), Dr. Holger Mandel (Landessternwarte Heidelberg) und Dr. Ulrich Wutzke (Ahrensfelde).

22 Über die Autoren

Prof. Dr. Roland Wielen wurde in Berlin-Lichterfelde-West geboren. Nach Tätigkeiten in Berlin, Heidelberg, Nizza und Hamburg war er von 1978 bis 1985 Ordentlicher Professor für Astronomie und Astrophysik der Technischen Universität Berlin. Er war seit 1979 auch für die Lehre in Astronomie an der Freien Universität Berlin zuständig, an der er sein Studium begonnen hatte. 1985 nahm er den Ruf auf das Ordinariat für Theoretische Astronomie an der Universität Heidelberg an und wurde zugleich Direktor des Astronomischen Rechen-Instituts in Heidelberg. Seit 2004 ist er emeritiert. Weitere biographische Angaben über ihn findet man im Heidelberger Gelehrtenlexikon (Drüll, 2009, S. 669-670). Siehe auch Wielen (2017c). Mit der Geschichte des Astronomischen Rechen-Instituts beschäftigt er sich seit seinem Eintritt in das Institut als wissenschaftlicher Mitarbeiter am 1. Juli 1963, wobei ihm die Berliner Zeit des Instituts und die Übersiedlung des Instituts von Berlin über Sermuth nach Heidelberg besonders interessant erscheinen. Die IAU hat den Kleinen Planeten (4548) Wielen nach ihm benannt.

Ute Wielen wurde in Berlin-Lichterfelde-West geboren und wohnt mit ihrem Ehemann R.W. in Eberbach am Neckar in der Nähe von Heidelberg. Sie studierte Physik und Mathematik in Potsdam. Aus politischen Gründen durfte sie aber ihr Studium nicht beenden. Bis 1959 arbeitete sie als Wissenschaftlich-technische Assistentin an der Sternwarte Babelsberg, die in der Nachfolge der Berliner Sternwarte steht. Später war sie als Programmiererin am Institut für Theoretische Physik der Freien Universität Berlin im Bereich Astronomie und am Institut für Theoretische Astrophysik der Universität Heidelberg tätig. Ihren Ehemann R.W. hat sie über fünfzig Jahre lang bei seinen astronomischen Forschungen stets intensiv unterstützt. Die Internationale Astronomische Union (IAU) hat den Kleinen Planeten (48492) Utewielen nach ihr benannt. R.W. und U.W. gehören damit zu den relativ wenigen Ehepaaren, bei denen beide einen eigenen Kleinen Planeten „besitzen“.